ORTAÖĞRETİM

KİMYA 12

DERS KİTABI

Bu kitap, Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı'nın 18.04.2019 tarih ve 8 sayılı (ekli listenin 95'nci sırasında) kurul kararıyla 2019-2020 öğretim yılından itibaren 5 (beş) yıl süreyle ders kitabı olarak kabul edilmiştir.

Yazar
Meltem YILDIZ



ISBN

978-625-99196-1-4

•

Dil Uzmanı

Necla ŞANAL

•

Görsel Tasarım Uzmanı

Aysel GÜNEY TÜRKEÇ



Kavacık Subayevleri Mah. Fahrettin Altay Cad. No.: 4/8 Keçiören/ANKARA

tel.: (0.312) 318 51 51- 50 • belgegeçer: 318 52 51



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

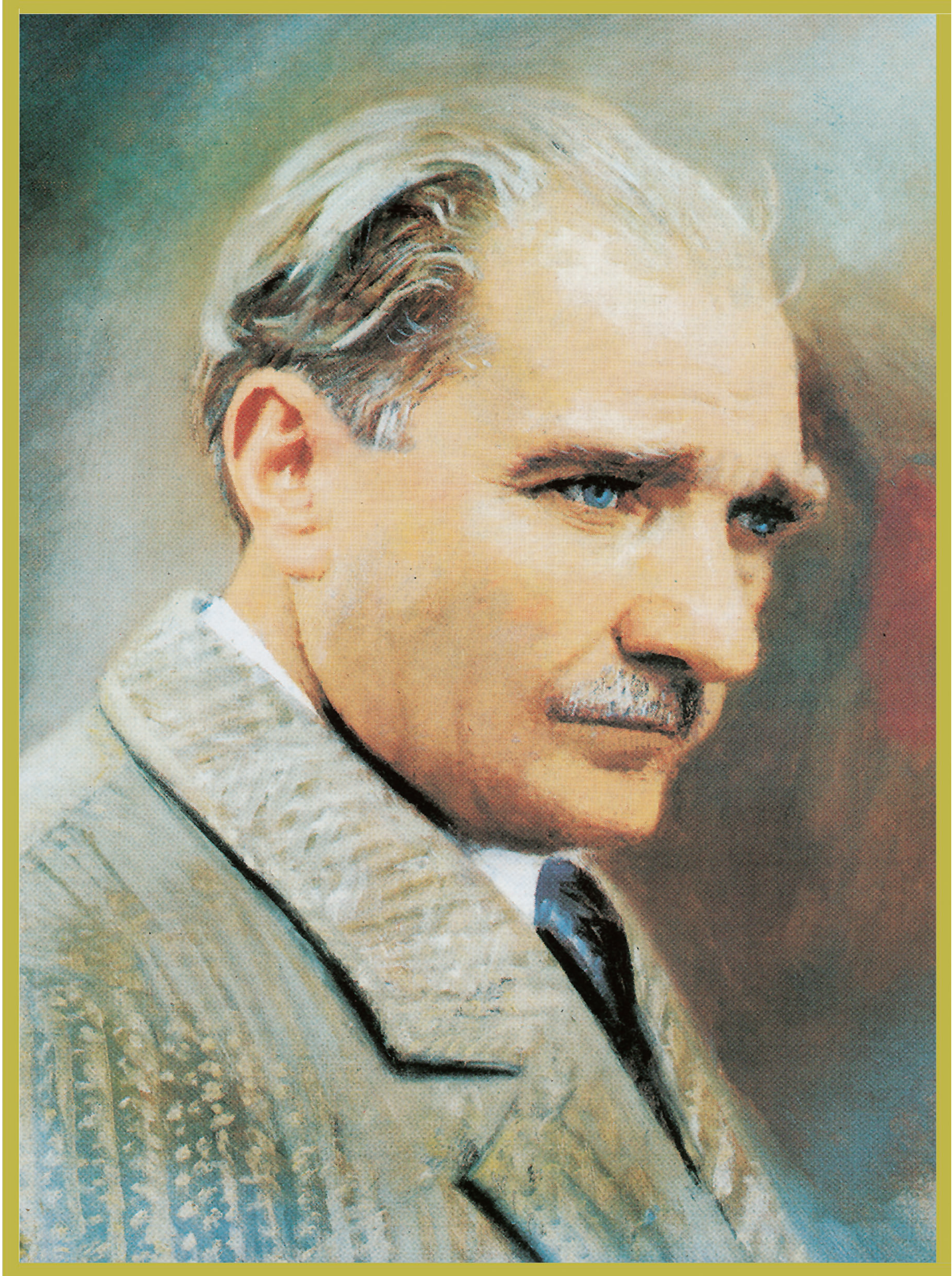
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İçindekiler

Organizasyon Şeması

1. Ünite
KİMYA VE ELEKTRİK

İçerik

1.1. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimelerinde Elektrik Akımı
1.2. Elektrotlar ve Elektrokimyasal Hücreler
1.3. Elektrot Potansiyelleri
1.4. Kimyasallardan Elektrik Üretimi
1.5. Elektroliz
1.6. Korozyon

• Bu ünitede; indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile pillerin ve elektroliz olaylarının ilişkilendirilmesi, redoks olaylarının istemliliği ile standart elektrot potansiyeli kavramının ilişkilendirilmesi, gündelik hayatta yaygın kullanılan pillerin ve elektroliz süreçlerinin tanıtılması, bunlarla ilgili hesaplamaların yapılması, korozyon süreci ve korozyondan korunma yöntemlerinin irdelenmesi amaçlanmaktadır.

13

Ünitenin adı ve numarası verilmiştir.

İçerik
Ünite içindeki konuların başlıkları verilmiştir.

Ünite Girişleri
Ünitenin amacı verilmiştir.

Ünite Görselleri
Her ünitenin giriş sayfasında ünitenin içeriğiyle ilgili görseller kullanılmıştır.

2. Ünite
Karbon Kimyasına Giriş

Hazırlık Çalışmaları

1. Organik bileşik ne demektir? Organik bileşikler sadece canlı organizmalarca mı sentezlenir? Araştırınız.

2. Çok sayıda organik bileşik olmasının nedenleri neler olabilir?

3. Moleküllerin geometrileri nasıl belirlenir? Molekül geometrileri bize moleküllerle ilgili hangi bilgileri verir?

12.0107
C
Karbon
6

Görsel 2.1: *Periyodik sistemdeki karbon elementi*

GİRİŞ

Karbon elementi denildiğinde hemen hemen herkesin aklına C sembolü ile gösterilen, atom numarası 6, kütle numarası yaklaşık 12 olan element gelir (Görsel 2.1). Bütün bunların yanında karbon, milyonlarca bileşiğin temel yapı taşıdır. Bu nedenle kimyanın geniş çalışma alanına sahip bir dalı olan ve karbon kimyası da denilen organik kimya, karbon ve bileşiklerini incelemektedir.

Gündelik hayatta pek çok organik bileşikle karşılaşmaktayız (Görsel 2.2). Örneğin yakıt olarak kullandığımız kömür, petrol ya da doğal gaz; hastalandığımızda aldığımız ilaçlar, yemeklerimizi sakladığımız plastik kaplar, giysilerimiz, temizlik amaçlı kullanılan deterjanlar ve sabunlar gibi daha pek çok maddenin ana bileşeni karbondur.

Bu ünitede gündelik yaşantımızda büyük öneme sahip organik bileşikleri tanımaya çalışacağız.

Görsel 2.2: *Gündelik yaşantımızda karşılaştığımız organik bileşiklerden oluşmuş maddeler*

2.1. ANORGANİK VE ORGANİK BİLEŞİKLER

Bileşikleri organik ve anorganik olarak sınıflandırabiliriz. Hangi bileşiğin organik, hangisinin anorganik olduğunu nasıl anlayabiliriz? Etil alkol (C_2H_5OH), su (H_2O), sofra tuzu (NaCl), metan (CH_4) bileşiklerinin hangileri organiktir?

Bir bileşiğin formülünün bilinmesi ile bileşiğin organik olup olmadığının belirlenmesi çok kolaydır. Yapısında C bulunan bileşiklerin büyük bir çoğunluğu organiktir. Ancak yapısında C bulunmasına rağmen organik bileşik olmayan bazı istisnalar da vardır. Örneğin CO (karbonmonoksit), CO_2 (karbondioksit), CaC_2 (kalsiyum karbür) ve K_2CO_3 (potasyum karbonat) gibi bileşikler yapılarında karbon atomu içermelerine karşın anorganik bileşiklerdir.

Organik bileşikler çoğunlukla kovalent yapılıdır. Organik bileşiklerin yapısında C, H ve O elementlerinin yanında N, S, Cl, Br,

78

Hazırlık Çalışması
Bölüm numarası, başlığı ve bölümün içeriği ile ilgili bilgiler ve sorular verilmiştir.

İçerik
Belirtilen başlık altında işlenecek konu ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm Görselleri
Bölüm içeriği ile ilgili görseller kullanılmıştır.

ÖRNEK 1.1.

ÇÖZÜM 1.1.

Anlatılan konuların ardından verilen örnekler ve çözümler ile konunun daha iyi öğrenilip pekiştirilmesi amaçlanmıştır.



OKUMA METNİ

Bu bölümde, öğrenilenleri destekleyici ve merak edilen konuları aydınlatıcı bilgiler verilmiştir.



Dikkat 1.1.

Konu içindeki önemli noktalara vurgu yapmak amacıyla verilmiştir.



Bunları Biliyor muyuz? 1.1.

Konularla ilgili ilgi çekici bilgiler ve günlük yaşamdaki ilginç haberler bu bölümde verilmiştir.



Araştıralım 1.1.

Bu bölümde, konu ile ilgili bilgileri derinleştirmek ve yeni çalışmalarda bu bilgilerden yararlanmak amaçlanmıştır.



Hatırlayalım 1.2.

Konu ile ilgili önceki bilgilerin anımsatılması ve o bilgilerle yeni bilgilerin ilişkilendirilmesi amacıyla verilmiştir.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım

Anlatılan konunun anlaşıp anlaşılmadığını belirlemek amacı ile verilmiştir.



Etkinlik 3.1:

Bu bölümde konu ile ilgili bilgilerin derinleştirilmesi ve pekiştirilmesi amaçlanmaktadır.



ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Ünite Sonu Ölçme ve Değerlendirme Çalışmaları

Her ünitenin sonunda boşluk doldurma, eşleştirme, açık uçlu, doğru-yanlış ve çoktan seçmeli tarzında sorular bulunmaktadır. Bu bölümde, öğrenilenlerin pekiştirilmesi ve üniteyle ilgili varsa eksikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

LABORATUVAR GÜVENLİK SEMBOLLERİ

	SICAK CİSİM UYARISI Bu sembol, işlemlerde bir ısıtıcı ya da sıcak bir yüzeyin olduğunu bu nedenle el, ayak ve diğer uzuvların yanmaması için tedbir alınması gerektiğini belirtir.		**SAĞLIĞA ZARARLI MADDE** Bu sembol, özellikle solunum yollarına ve iç organlara zarar verici maddelerle çalışıldığını bu nedenle gerekli tedbirlerin alınması gerektiğini belirtir.
	YANGIN UYARISI Bu sembol, açık alev etrafında tedbir alınması gerektiğini belirtir.		**KORUYUCU ELBİSE GİY** Bu sembol, elbiseyi lekeleyecek veya yakacak maddeler kullanılırken dikkat edilmesi gerektiğini belirtir.
	ELEKTRİK UYARISI Bu sembol, elektrikli aletler kullanılırken dikkat edilmesi gerektiğini belirtir.		**ELDİVEN GİY** Bu sembol, yapılacak işlemde ısıtıcı kullanılacaksa veya sıcak bir yüzey söz konusu ise tedbir alınması gerektiğini belirtir.
	KIRILABİLİR CAM UYARISI Bu sembol, kırıldığında tehlikeli olabilecek cam cisimler kulanıldığı zaman dikkat edilmesi gerektiğini belirtir.		**GÖZLÜK KULLAN** Bu sembol, gözler için tehlike olduğunu gösterir. Bu sembol görüldüğünde koruyucu gözlük takılması gerektiğini belirtir.
	KESİCİ / DELİCİ CİSİM UYARISI Bu sembol, kesme ve delme tehlikesi olan keskin cisimlerle çalışıldığı zaman dikkat edilmesi gerektiğini belirtir.		**MASKE KULLAN** Kimyasal maddeler zararlı gazlar içerebileceğinden veya kimyasal reaksiyonlar sonucu zararlı gazlar oluşabileceğinden maske kullanılmalıdır.
	TAHRİŞ EDİCİ MADDE Deri ve göz tahrişine, cilt hassasiyetine, solunum yolu tahrişine sebep olacağını belirtir.		**KOROZİF (AŞINDIRICI) MADDE** Metaller için aşındırıcıdır. Deri korozyonuna ve ciddi göz hasarına neden olacağını belirtir.
	ÇEVREYE ZARARLI (EKOTOKSİK) MADDE Bu sembol, zararlı atıkların suya ve doğadaki canlılara zarar verebileceğini, bu nedenle bu maddelerin suya ve doğaya kontrolsüz atılmaması gerektiğini belirtir.		**RADYOAKTİF MADDE** Bu sembol, canlı dokularda kalıcı hasarlara neden olan radyasyonun varlığını belirtir. Bu uyarı işaretinin bulunduğu alanlardan uzak durulmalıdır. Söz konusu alanlarda bulunma zorunluluğu varsa özel kıyafetler giyilmelidir.
	TOKSİK (ZEHİRLİ) MADDE Ağız, solunum ya da deri yoluyla vücuda alındığında zehirli etkiye sahiptir. Bu tür maddelerle çalışılırken gözlük, eldiven ve maske kullanılmalı; bir şey yenilip içilmemesi gerektiğini belirtir.		**PATLAYICI MADDE** Bu sembol, bulunduğu maddenin kıvılcım, alev, ısınma, vurma, çarpma ve sürtünme durumlarına maruz kaldığında patlayabilir olduğunu belirtir.
	YANICI MADDE Bu maddeler kolayca tutuşabilir özelliktedir ve tutuştuğu zaman bu maddelerin söndürülmesi zor olabilir. Bu özellikteki maddeler ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Bu sembol, bu tür maddelerle çalışılan ortamlarda mutlaka yangın söndürücülerin bulundurulması gerektiğini belirtir.		**OKSİTLEYİCİ, YAKICI MADDE** Yanıcı maddelerle temas ettiğinde bu maddelerin tutuşmasına sebep olur. Yakıcılar, maddelerden uzak tutulmalı; bu tür maddelerle çalışılan ortamlarda mutlaka yangın söndürücüler bulundurulması gerektiğini belirtir.



1. Ünite KİMYA VE ELEKTRİK

İçerik

• Bu ünitede; indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile pillerin ve elektroliz olaylarının ilişkilendirilmesi, redoks olaylarının istemliliği ile standart elektrot potansiyeli kavramının ilişkilendirilmesi, gündelik hayatta yaygın kullanılan pillerin ve elektroliz süreçlerinin tanıtılması, bunlarla ilgili hesaplamaların yapılması, korozyon süreci ve korozyondan korunma yöntemlerinin irdelenmesi amaçlanmaktadır.



Hazırlık Çalışmaları

1. İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri nelerdir? Araştırınız.

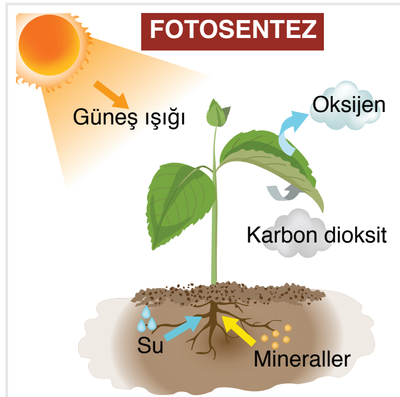
2. Elektrokimyasal pillerle kimyasal enerjiden elektrik enerjisi nasıl elde edilmektedir? Araştırınız.

3. Elektroliz nedir? Kimyasal maddeler elektroliz yöntemi ile nasıl elde edilir? Araştırınız.

4. Korozyon nedir? Korozyon önleme yöntemleri nelerdir? Araştırınız.

GİRİŞ

İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri canlı hayatın sürekliliğini sağlar. Bitkilerin besin üretmede kullandığı fotosentez olayı (Görsel1.1), diğer canlıların besinleri enerjiye dönüştürme sürecinde gerçekleşen tepkimelerin büyük bir kısmı indirgenme-yükseltgenme tepkimelerine örnek olarak verilebilir.



Görsel 1.1: *Fotosentez olayı indirgenme-yükseltgenme tepkimesine örnektir.*

İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri kimya sanayisinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Cevherlerden metal elde edilmesi sürecinde, metallerin kaplanması işlemlerinde ve daha birçok alanda indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri kullanılır.

İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinin bir diğer önemli kullanım alanı ise elektrik üretimidir. Taşınabilir bilgisayarlarda, telefonlarda, radyolarda vb. kullanılan pillerin hepsinde elektrik akımı, indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile sağlanmaktadır (Görsel 1.2). Hem benzin hem de elektrik ile çalışabilen hibrit otomobilleri duymuşsunuzdur. Benzin kullanımını azaltmak için üretilen, çevre dostu bu otomobillerde kullanılan pillerde de elektrik akımı, indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile sağlanmaktadır.

1.1. İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI



Görsel 1.2: *Pillerde elektrik akımı indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile sağlanmaktadır.*

İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri gerçekleşirken kimyasal türler arasında elektron hareketinden kaynaklanan bir elektrik akımı meydana gelir. Bu bölümde indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri hakkında genel bilgileri öğreneceğiz ve indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile elektrik akımının oluşumu arasındaki ilişkiyi anlamaya çalışacağız.

1.1.1. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimeleri

İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde geçen indirgenme ve yükseltgenme kavramları ne anlama gelir? Bir indirgenme-

yükseltgenme tepkimesinde tepkimeye giren kimyasal türlerden hangisinin yükseltgenip hangisinin indirgendiği nasıl belirlenebilir? İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerini diğer tepkimelerden ayıran özellikler nelerdir?

Bu soruların cevaplarını aramaya başlamadan önce elementlerin yükseltgenme basamaklarının nasıl belirlendiğini hatırlayalım.

11. sınıfta öğrendiğiniz gibi elementlerin yükseltgenme basamaklarının belirlenmesinde iki kural vardır:

1. Diğer elementlerle bileşik oluşturmamış serbest element atomlarının yükseltgenme basamağı sıfırdır. Örneğin O_2 molekülündeki her iki O atomunun yükseltgenme basamağı sıfırdır.

2. Bir kimyasal türdeki (iyon, molekül ya da radikal) bütün atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı, o türün yüküne eşittir. Örneğin CH_4 molekülünde tüm atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı 0 iken MnO_4^- kökünde tüm atomların yükseltgenme basamakları toplamı 1–'ye eşittir.

Bileşiklerdeki elementlerin yükseltgenme basamaklarının belirlenmesinde aşağıdaki bilgilerin kullanılması gerekebilir:

• Oksijen elementi (O) peroksitlerinde (H_2O_2, Na_2O_2 vb.) 1–, süper oksitlerinde (K_2O_4) 1/2–, oksiflorüründe (OF_2) 2+, metal ve ametallerle oluşturduğu oksit bileşiklerinde ise 2– yükseltgenme basamağına sahiptir.

• Flor elementi (F) tüm bileşiklerinde 1– yükseltgenme basamağına sahiptir.

• Hidrojen elementi (H) metallerle yaptığı bileşiklerde 1–, ametallerle yaptığı bileşiklerinde ise 1+ yükseltgenme basamağına sahiptir.

• 1A grubu metalleri tüm bileşiklerinde 1+, 2A grubu metalleri ise 2+ yükseltgenme basamağına sahiptir.



Bunları Biliyor muyuz? 1.1.

Peroksitlerdeki oksijen atomunun indirgeme isteği çok fazladır. Bu nedenle peroksitler kimya sanayisinde kullanılan güçlü yükseltgenlerdir. Özellikle hidrojen peroksidin (H_2O_2), maden sanayisinden kozmetik sanayisine, ilaç sektöründen gıda sanayisine, su arıtımından tekstil sanayisine kadar geniş bir kullanım alanı vardır.

ÖRNEK 1.1.

Aşağıda verilen kimyasal türlerdeki altı çizili atomların yükseltgenme basamaklarını belirleyelim.



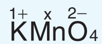






ÇÖZÜM 1.1.

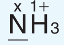
a) $KMnO_4$ bileşiğinde K, 1A grubunda olduğu için 1+ yükseltgenme basamağına sahiptir. O ise peroksit, süperoksit ve oksiflorürü dışında olduğu için 2– yükseltgenme basamağındadır. Mn yükseltgenme basamağına x diyelim ve toplam yükü sıfıra eşitleyerek x değerini bulalım.



$1 + x + 4 \cdot (2-) = 0$

$x = 7+$

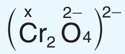
b) $\underline{N}H_3$ bileşiğinde H atomu, ametalle bileşik yaptığı için 1+ yükseltgenme basamağındadır. N atomunun yükseltgenme basamağına x diyelim ve toplam yükü sıfıra eşitleyerek x değerini bulalım.


$\overset{x}{\underline{N}}\overset{1+}{H}_3$

$x + 3 \cdot (1+) = 0$

$x = 3-$

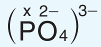
c) $(Cr_2O_4)^{2-}$ kökünde O atomu, 2– yükseltgenme basamağındadır. C atomunun yükseltgenme basamağına x diyelim ve toplam yük köklerde iyon yüküne eşit olduğu için toplam yükü 2–'ye eşitleyerek x değerini bulalım.


$(\overset{x}{Cr}_2\overset{2-}{O}_4)^{2-}$

$2 \cdot x + 4 \cdot (2-) = 2-$

$x = 3+$

ç) $(PO_4)^{3-}$ kökünde O atomu, 2– yükseltgenme basamağındadır. P atomunun yükseltgenme basamağına x diyelim ve toplam yük köklerde iyon yüküne eşit olduğu için toplam yükü 3– ye eşitleyerek x değerini bulalım.


$(\overset{x}{P}\overset{2-}{O}_4)^{3-}$

$x + 4 \cdot (2-) = 3-$

$x = 5+$

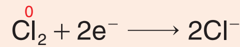


Bunları Biliyor muyuz? 1.2.

Metaller doğada filiz denilen minerallerden elde edilir. Birçok metal, filizinde oksitleri şeklinde bulunur. Bu filizlerden metal atomlarının elde edilmesi indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ile gerçekleştirilir.

İndirgenme terimi; uzun süre kimyacılar tarafından hidrojen, karbon veya karbonmonoksit ile metallerin metal oksitlerinden üretimi işlemini ifade etmek için kullanılmıştır. Günümüzde ise **indirgenme**, elektron kazanımı olarak tanımlanmaktadır. Bir kimyasal türün yükseltgenme basamağında (yükünde) meydana gelen azalma, o kimyasal türün indirgendiği anlamına gelir.

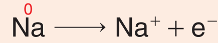
Örneğin,


$\overset{0}{Cl}_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

yarı tepkimesinde başlangıçta yükseltgenme basamağı sıfır olan Cl atomları, elektron alarak 1– yüklü Cl^- iyonlarına dönüşmüştür. Yani Cl atomları elektron alarak indirgenmiştir.

Oksitlenme terimi ise uzun yıllar kimyacılar tarafından, oksijenle gerçekleşen tepkimeleri ifade etmek için kullanılmıştır. Günümüzde ise oksitlenmenin daha geniş bir anlamı vardır. **Oksitlenme**, bir reaksiyonda oksijen bulunmasa bile elektron kaybı olarak tanımlanır. Oksitlenme, aynı zamanda yükseltgenme olarak da ifade edilir. Herhangi bir kimyasal türün yükseltgenme basamağında (yükünde) meydana gelen artış, o kimyasal türün yükseltgendiği anlamına gelir.

Örneğin



$$\overset{0}{Na} \longrightarrow Na^{+} + e^{-}$$

yarı tepkimesinde başlangıçta yükseltgenme basamağı sıfır olan Na atomu, bir elektron vermiş ve 1+ yüklü iyona dönüşmüştür. Yani Na atomu, elektron vererek yükseltgenmiştir.

Bir kimyasal türün yükseltgenmesi veya indirgenmesi o türün yükseltgenme basamağındaki (yükündeki) artışa ya da azalışa bağlıdır. Yükseltgenme basamağı artan madde, elektron vermiş yani yükseltgenmiştir. Bu nedenle yükseltgenen madde olarak ifade edilir. Yükseltgenme basamağı azalan madde ise elektron almış yani indirgenmiştir. Bu madde ise "indirgenen madde" olarak ifade edilir.

Bir tepkimede kimyasal türlerden herhangi biri yükseltgenmedikçe diğer kimyasal tür indirgenemez. Bir kimyasal tür elektron verecek ki diğer kimyasal tür o elektronları alabilsin. Bu nedenle yükseltgenen madde diğer kimyasal türün indirgenmesine neden olduğu için indirgen madde olarak da ifade edilir. İndirgenen madde ise diğer kimyasal türün yükseltgenmesine neden olduğu için "yükseltgen madde" olarak ifade edilir.

İndirgen madde,

- Elektron kaybeder.
- Yükseltgenme basamağı artan bir element içerir.
- Bir başka maddenin indirgenmesini sağlar.
- Yükseltgenir.

Yükseltgen madde,

- Elektron kazanır.
- Yükseltgenme basamağı azalan bir element içerir.
- Bir başka maddenin yükseltgenmesini sağlar.
- İndirgenir.



Bunları Biliyor muyuz? 1.3.



Sodyum hipoklorit (NaClO), evlerde temizlik amacı ile kullanılan çamaşır sularının pek çoğunun etkin bileşenidir. Çamaşır sularının çamaşırları ağartmasının sebebi sodyum hipokloritin sulu çözeltisindeki hipoklorit (OCl^{-}) iyonlarının klorür (Cl^{-}) iyonlarına indirgenmesidir. İndirgenme sırasında gereken elektronlar, lekelerdeki renkli bileşiklerden sağlanır.



Bunları Biliyor muyuz? 1.4.

Yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri için kullanılan “redoks” kelimesi “redüksiyon (indirgenme)” ve “oksidasyon (yükseltgenme)” kelimelerinden türetilmiştir.

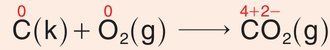


Görsel 1.3: *Kömürün yanması indirgenme-yükseltgenme tepkimesine örnektir.*

Bir indirgenme-yükseltgenme tepkimesinde atom türünün, atom sayısının ve toplam kütlenin yanında, alınıp verilen elektron sayısı ve toplam yük de korunmalıdır. Yani bir reaksiyonda bir kimyasal tür yükseltgenirken reaksiyondaki aynı ya da başka bir kimyasal tür indirgenmelidir. Elektron alışverişinin gerçekleştiği kimyasal tepkimeler **indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri** olarak tanımlanır. Bu tepkimelere **redoks tepkimeleri** adı da verilir.

İndirgenme ve yükseltgenme tepkimelerinde her atomun yükseltgenme basamağı, o atomun simgesinin üzerine yazılmalıdır.

Oksijen gazı (O_2) oksitleyici yani yükseltgen bir maddedir. Bu özelliğinden dolayı kimya laboratuvarlarında yaygın olarak kullanılır. Örneğin kömürün yanma tepkimesi bir indirgenme-yükseltgenme tepkimesidir (Görsel 1.3). Kömürün yanma tepkimesinin denklemi aşağıda verilmiştir.



$$\overset{0}{C}(k) + \overset{0}{O}_2(g) \longrightarrow \overset{4+}{C}\overset{2-}{O}_2(g)$$

Bu tepkimede karbon (C) atomunun yükseltgenme basamağı 0’dan 4+’ya arttığı için karbon yükseltgenmiştir. Oksijen (O) atomunun ise yükseltgenme basamağı 0’dan 2–’ye düştüğü için oksijen indirgenmiştir. Oksijen atomu kendisi indirgenirken karbon atomunun yükseltgenmesine neden olduğu için aynı zamanda yükseltgen maddedir. Karbon ise indirgen maddedir.

Yanma tepkimelerinde daima oksijen kullanılır. Bu nedenle tüm yanma tepkimeleri, aynı zamanda indirgenme-yükseltgenme tepkimesidir.

Redoks tepkimelerinde yer alan maddeler, sadece yükseltgen ya da sadece indirgen madde olarak mı sınıflandırılabilir? Bir madde hem yükseltgen hem indirgen özellik gösterebilir mi?

Redoks tepkimelerinde kullanılan bazı maddeler, sadece yükseltgen ya da sadece indirgen madde olabilir. Ancak birçok madde yer aldığı tepkimeye göre hem yükseltgen hem de indirgen olabilmektedir.

Bir element, bileşiğinde mümkün olan en yüksek yükseltgenme basamağında bulunuyorsa bu elementin daha fazla yükseltgenmesi mümkün değildir. Aynı zamanda bir element mümkün olan en düşük yükseltgenme basamağında bulunduğunda da bu elementin daha fazla indirgenmesi mümkün değildir.



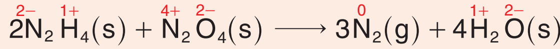
Bunları Biliyor muyuz? 1.5.

Kimyasal enerji ile elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi inceleyen kimyanın alt disiplinine “elektrokimya” denir.

Tablo 1.1'de verilen azot türlerini ve yükseltgenme basamaklarını inceleyelim. Azot atomu, periyodik sistemde 5A grubunda bulunduğu için bileşiklerinde en yüksek 5+, en düşük 3– yükseltgenme basamağında bulunabilir. Nitrat (NO_3^-) türündeki azot atomunun yükseltgenme basamağı 5+'dır. Mümkün olan en yüksek yükseltgenme basamağında olduğu için daha fazla yükseltgenemez. Amonyak (NH_3) bileşiğinde ise azotun yükseltgenme basamağı 3–'dir. Mümkün olan en düşük yükseltgenme basamağında bulunduğu için daha fazla indirgenemez.

Diğer türlere bakıldığında ise azotun yükseltgenme basamağı en yüksek ve en düşük değerlerin arasındadır. Bu tür maddeler tepkimelerde indirgen ya da yükseltgen olarak davranabilir.

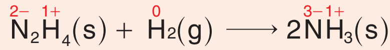
Örneğin hidrazin (N_2H_4) bileşiğindeki azot atomu 2– yükseltgenme basamağındadır. Bu nedenle tepkimelerde indirgen ya da yükseltgen olabilir. Bazı roketlerin itme sistemlerinde hidrazinin (N_2H_4) diazot tetraoksit (N_2O_4) ile tepkimesinden açığa çıkan yüksek enerji kullanılır.



$$2\overset{2-}{N}_2\overset{1+}{H}_4(s) + \overset{4+}{N}_2\overset{2-}{O}_4(s) \longrightarrow 3\overset{0}{N}_2(g) + 4\overset{1+}{H}_2\overset{2-}{O}(s)$$

Bu tepkimede hidrazin (N_2H_4) indirgen, diazot tetraoksit (N_2O_4) ise yükseltgendir. Çünkü hidrazin (N_2H_4) bileşiğindeki N atomu 2–'den 0'a yükseltgenmiş, diazot tetraoksitteki (N_2O_4) N atomu ise 4+'dan 0'a indirgenmiştir.

Hidrazin (N_2H_4), hidrojenle tepkimesinde ise yükseltgen olarak davranır.



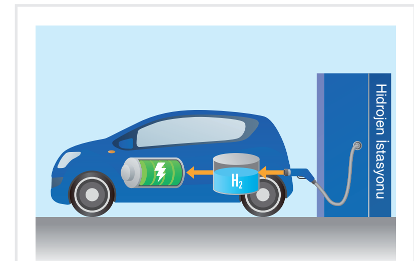
$$\overset{2-}{N}_2\overset{1+}{H}_4(s) + \overset{0}{H}_2(g) \longrightarrow 2\overset{3-}{N}\overset{1+}{H}_3(s)$$

Hidrazin bileşiğinde azot atomu, 2– yükseltgenme basamağına sahipken amonyak bileşiğindeki azot atomu, 3– yükseltgenme basamağındadır. H_2 molekülündeki hidrojen atomunun yükseltgenme basamağı ise 0'dan 1+'ya yükselmiştir. Bu nedenle hidrazin indirgenmiş yani yükseltgendir. H_2 ise yükseltgenmiş yani indirgendir.

Kimya laboratuvarlarında hidrojen gazı (H_2) sıklıkla kullanılan indirgen bir maddedir. Hidrojen gazı, aynı zamanda geleceğin yakıtı olarak da ifade edilmektedir. Yurt dışında birçok ülkede hidrojen ile çalışan otomobiller kullanılmaktadır (Görsel 1.4). Bu otomobillerde hidrojenin kuvvetli indirgen özelliğinden yararlanılarak elektrik akımı sağlanmaktadır. Ülkemizde ilk hidrojenle çalışan otomobil üretimini Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü yapmıştır. Ancak benzin istasyonları gibi H_2 istasyonlarının kurulmasını gerektiren bu sistem, maliyeti nedeni ile henüz ülkemizde kullanılmamaktadır.

Tablo 1.1: *Azot türleri ve yükseltgenme basamakları*

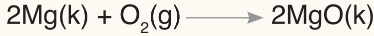
Türler	Yükseltgenme Basamakları
NO_3^-	5+
N_2O_4	4+
NO_2^-	3+
NO	2+
N_2O	1+
N_2	0
NH_2OH	1–
N_2H_4	2–
NH_3	3–



Görsel 1.4: *Hidrojenden elde edilen elektrik enerjisi ile çalışan araç*

ÖRNEK 1.2.

Aşağıda verilen reaksiyonu inceleyerek yükseltgen ve indirgen maddeleri belirleyelim.


$2Mg(k) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(k)$

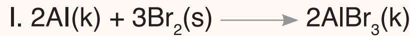
ÇÖZÜM 1.2.

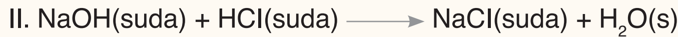
Reaksiyonda metalik hâldeki magnezyum (Mg) atomunun yükseltgenme basamağı 0'dır. Oksijenle bileşik oluşturduğunda ise oksijen (O) atomu 2– yükseltgenme basamağına sahip olduğu için Mg atomu, 2+ yükseltgenme basamağındadır. Mg atomunun yükü 0'dan 2+'ya yükselmiş yani iki Mg atomu, 4 elektron vererek yükseltgenmiştir. Bu nedenle Mg atomu indirgendir.

Aynı reaksiyonda oksijen gazı (O_2) molekülündeki oksijen atomlarının yükseltgenme basamağı 0'dır. Bileşik içinde ise oksijen atomu, 2– yükseltgenme basamağına sahiptir. Oksijen atomunun yükseltgenme basamağı 0'dan 2–'ye azalmış yani bir oksijen atomu, 2 elektron alarak indirgenmiştir. Reaksiyonda iki oksijen atomu olduğu için iki oksijen atomu toplamda 4 elektron almış ve indirgenmiştir. Bu nedenle O_2 molekülü yükseltgendir.

ÖRNEK 1.3.

Bir kimyasal tepkimenin indirgenme-yükseltgenme tepkimesi olduğunu nasıl anlayabiliriz? Aşağıda verilen tepkimelerden hangileri indirgenme-yükseltgenme tepkimesine örnek olarak verilebilir?


I. $2Al(k) + 3Br_2(s) \longrightarrow 2AlBr_3(k)$

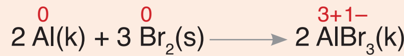

II. $NaOH(suda) + HCl(suda) \longrightarrow NaCl(suda) + H_2O(s)$

ÇÖZÜM 1.3.

Bir kimyasal tepkimenin indirgenme-yükseltgenme tepkimesi olabilmesi için tepkimedeki türler arasında elektron alışverişi olmalıdır. Bu nedenle verilen tepkimelerde yer alan her bir elementin ilk olarak yükseltgenme basamakları bulunmalıdır.

I. tepkimeyi inceleyelim.

Alüminyum (Al) metalik hâlde olduğu için bu elementin yükseltgenme basamağı 0'dır. Brom (Br_2) molekülündeki brom atomlarının yükseltgenme basamağı da 0'dır. Alüminyum bromür ($AlBr_3$) bileşiğinin içinde ise brom (Br) 1– yükseltgenme basamağına sahipken alüminyumun (Al) yükseltgenme basamağı 3+'dır.


$$2\ \overset{0}{Al}(k) + 3\ \overset{0}{Br}_2(s) \longrightarrow 2\ \overset{3+}{Al}\overset{1-}{Br}_3(k)$$

Tepkimede Al atomları 0'dan 3+'ya yükseltgenirken Br atomları 0'dan 1–'ye indirgenmiştir. Bu nedenle tepkime bir redoks tepkimesidir.

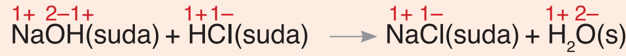
II. tepkimeyi inceleyelim.

NaOH bileşiğinde Na atomu, 1A grubu metali olduğu için 1+ yükseltgenme basamağına sahiptir. H atomu, bir ametal olan O atomuna bağlı olduğu için 1+, O atomu ise 2− yükseltgenme basamağındadır.

HCl bileşiğinde H atomu bir ametal olan Cl atomuna bağlı olduğu için 1+, Cl atomu ise bileşiğin toplam yükseltgenme basamağı sıfır olduğu için 1− yükseltgenme basamağındadır.

NaCl bileşiğinde Na yine 1+ yükseltgenme basamağına sahip olduğu için Cl 1− yükseltgenme basamağındadır.

H_2O bileşiğinde H atomu O atomuna bağlı olduğu için yine 1+ ve O atomu 2− yükseltgenme basamağındadır.


$$\overset{1+\,2-1+}{NaOH}(suda) + \overset{1+1-}{HCl}(suda) \longrightarrow \overset{1+\,1-}{NaCl}(suda) + \overset{1+\,2-}{H_2O}(s)$$

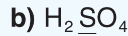
Tepkimede yer alan hiçbir atomun yükseltgenme basamağında değişiklik olmadığı için tepkime redoks tepkimesi değildir.



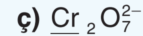
Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.1.

1. Aşağıda verilen kimyasal türlerdeki altı çizili atomların yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

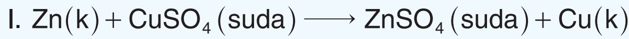

a) $Ca\underline{C}O_3$

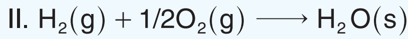

b) $H_2\underline{S}O_4$

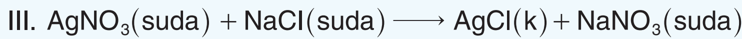

c) $K\underline{N}O_3$


ç) $\underline{Cr}_2O_7^{2-}$

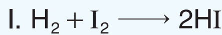
2. Aşağıda verilen tepkimelerden hangileri indirgenme-yükseltgenme tepkimesidir?


I. $Zn(k) + CuSO_4(suda) \longrightarrow ZnSO_4(suda) + Cu(k)$

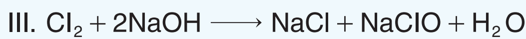

II. $H_2(g) + 1/2O_2(g) \longrightarrow H_2O(s)$


III. $AgNO_3(suda) + NaCl(suda) \longrightarrow AgCl(k) + NaNO_3(suda)$

3. Aşağıda verilen indirgenme-yükseltgenme tepkimelerindeki indirgen ve yükseltgen türleri aşağıdaki tabloya yazınız.


I. $H_2 + I_2 \longrightarrow 2HI$


II. $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$


III. $Cl_2 + 2NaOH \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$

Tepkime	İndirgen	Yükseltgen
I		
II		
III		

1.1.2. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimelerinin Denkleştirilmesi



Dikkat 1.1.

Sadece yükseltgenmenin ya da sadece indirgenmenin gerçekleştiği bir tepkime mümkün değildir. İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde mutlaka elektron verici ve elektron alıcı olarak görev yapan en az bir tür bulunmalıdır. İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinin denkleştirilmesi için kullanılan yarı reaksiyonlar tamamen teoriktir. Pratikte böyle bir şey mümkün değildir.

Redoks tepkimelerinin denkleştirilmesi diğer tepkimelerden farklı mıdır? Redoks tepkimelerinde kullanılan yaygın yükseltgen ve indirgen maddeler nelerdir? Redoks tepkimeleri nasıl denkleştirilir?

Redoks tepkimelerinde elektronlar alınıp verildiği için bu tepkimeler diğer tepkimelerden daha karmaşıktır. Redoks tepkimelerinde diğer tepkimelerden farklı olarak alınıp verilen elektron sayısı ve toplam yük dikkate alınmalıdır. Yani yükseltgenme basamağında verilen elektronların tamamı indirgenme basamağında alınmalıdır.

Redoks tepkimelerinde yaygın kullanılan yükseltgenlere örnek olarak oksijen gazı (O_2), potasyum permanganat ($KMnO_4$), sülfürik asit (H_2SO_4), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve nitrik asit (HNO_3); indirgenlere ise hidrojen gazı (H_2) ve kükürtdioksit (SO_2) verilebilir.

Redoks tepkimelerinin denkleştirilmesinde, alınan-verilen elektron sayılarının eşitlenmesine dayanan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Biz bu yöntemlerden sadece yükseltgenme basamağı yöntemini kullanarak tepkimeleri denkleştireceğiz.

Yükseltgenme Basamağı Yöntemi

Bazı redoks tepkimeleri nötr ortamda gerçekleşirken bazıları asidik ya da bazik ortamlarda gerçekleşir. Burada kullandığımız nötr kelimesi ortamın asitlik ya da bazlık bakımından nötr olması anlamına gelmemektedir. Nötr ortamla kastedilmek istenen, "yüksüz ortam"dır. İyonların bulunmadığı redoks tepkimeleri nötr olarak tanımlanır.

Bu ünite kapsamında sadece nötr ortamda tepkime denkleştirilmesine yer verilecektir. Bu nedenle nötr ortamda gerçekleşen redoks tepkimelerinin denkleştirilmesini yükseltgenme basamağı yöntemi ile açıklayalım.

Nötr ortamda denkleştirme yapılırken aşağıda verilen basamaklar kullanılır:

1. Tepkimede yer alan her bir atomun yükseltgenme basamağı belirlenir.

2. Yükseltgenen ve indirgenen atomlar belirlenir.

3. Yükseltgenen atoma ait yükseltgenme olayı, verdiği elektron sayısı belirtilerek yazılır.

4. İndirgenen atoma ait indirgenme olayı, aldığı elektron sayısı belirtilerek yazılır.

5. Alınıp verilen elektron sayısı uygun katsayılar kullanılarak eşitlenir.

6. Yükseltgenme ve indirgenme olaylarına ait tepkimeler toplanır.

7. Toplam tepkimede yükseltgenen ve indirgenen atomların bulunduğu kimyasal türlerin katsayıları düzenlenerek redoksa katılmayan atomlar denkleştirilir.

Karbonun (C), sülfürik asit (H_2SO_4) ile tepkimesi nötr ortamda gerçekleşen bir redoks tepkimesidir. H_2SO_4, tıpkı oksijen gazı gibi kimya laboratuvarlarında yükseltgen olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tepkimeyi yukarıda verilen basamakları uygulayarak denkleştirelim.



$$C + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$$

1. İlk olarak tepkimede yer alan her bir atomun yükseltgenme basamaklarını belirleyelim.

Elementel hâlde bulunan karbon (C) atomunun yükseltgenme basamağı 0'dır.

H_2SO_4 bileşiğinde ise hidrojen (H) atomu ametalle bileşik oluşturduğu için 1+ yükseltgenme basamağına, oksijen (O) ise 2– yükseltgenme basamağına sahiptir. Kükürt (S) atomunun yükseltgenme basamağı ise 6+'dır.

CO_2 bileşiğinde, oksijen atomu 2– yükseltgenme basamağına sahiptir. Bileşiğin toplam yükseltgenmesi 0'a eşit olacağı için C atomunun yüseltgenme basamağı 4+'dır.

SO_2 bileşiğinde oksijen atomu 2– yükseltgenme basamağına sahiptir. Kükürdün buradaki yükseltgenme basamağı ise 4+'dır.

H_2O bileşiğinde ise hidrojen (H) atomu ametalle bileşik yaptığı için 1+, oksijen atomu ise 2– yükseltgenme basamağına sahiptir.

2. Bulunan yükseltgenme basamaklarına bakıldığında karbon atomunun yükseltgenme basamağı 0'dan 4+'ya yükselmiş yani bir karbon atomu, 4 elektron vererek yükseltgenmiştir. Kükürt atomunun ise yükseltgenme basamağı 6+'dan 4+'ya inmiş yani bir kükürt atomu, 2 elektron alarak indirgenmiştir.

Dikkat 1.2.

Diğer elementlerle bileşik oluşturmamış serbest element atomlarının yükseltgenme basamağı sıfırdır.

Dikkat 1.3.

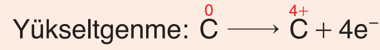
Bir bileşikteki tüm atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı sıfıra eşittir.



Dikkat 1.4.

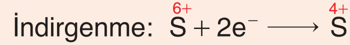
Yükseltgenme basamağı artan atom yükseltgenir, azalan atom ise indirgenir.

3. Yükseltgenen atoma ait yükseltgenme olayını verdiği elektron sayısını belirterek yazalım.



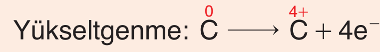
Yükseltgenme: $\overset{0}{C} \longrightarrow \overset{4+}{C} + 4e^-$

4. İndirgenen atoma ait indirgenme olayını aldığı elektron sayısını belirterek yazalım.

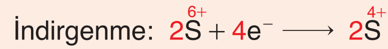


İndirgenme: $\overset{6+}{S} + 2e^- \longrightarrow \overset{4+}{S}$

5. Alınıp verilen elektron sayısını eşitleyelim. Bunun için indirgenme olayı 2 ile genişletilmelidir.

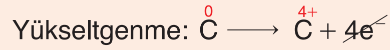


Yükseltgenme: $\overset{0}{C} \longrightarrow \overset{4+}{C} + 4e^-$

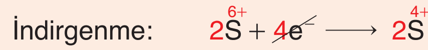


İndirgenme: $2\overset{6+}{S} + 4e^- \longrightarrow 2\overset{4+}{S}$

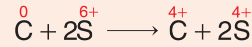
6. Yükseltgenme ve indirgenme olaylarına ait eşitlikleri toplayalım.



Yükseltgenme: $\overset{0}{C} \longrightarrow \overset{4+}{C} + \cancel{4e^-}$



İndirgenme: $2\overset{6+}{S} + \cancel{4e^-} \longrightarrow 2\overset{4+}{S}$



$\overset{0}{C} + 2\overset{6+}{S} \longrightarrow \overset{4+}{C} + 2\overset{4+}{S}$

7. Toplam tepkimedeki yükseltgenen ve indirgenen atomların bulunduğu kimyasal türlerin katsayılarını düzenleyerek redoksa katılmayan atomları denkleştirelim.

Redoksa katılmayan hidrojen ve oksijen atomlarının denkleştirilmesi için H_2O'nun katsayısı 2 ile genişletilmelidir.

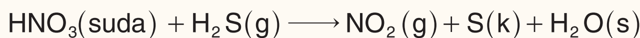


$C + 2H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

Bu şekilde tepkime denkleştirilmiş olur.

ÖRNEK 1.4.

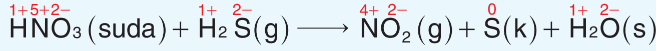
Nötr ortamda gerçekleşen aşağıdaki tepkimeyi denkleştirelim.



$HNO_3(suda) + H_2S(g) \longrightarrow NO_2(g) + S(k) + H_2O(s)$

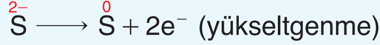
ÇÖZÜM 1.4.

• Tepkimede yer alan her bir atomun yükseltgenme basamağı belirlenerek simgesinin üzerine yazılır.

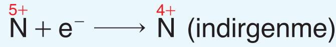


$$\overset{1+}{H}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O_3}(suda) + \overset{1+}{H_2}\overset{2-}{S}(g) \longrightarrow \overset{4+}{N}\overset{2-}{O_2}(g) + \overset{0}{S}(k) + \overset{1+}{H_2}\overset{2-}{O}(s)$$

• Yükseltgenme ve indirgenme olaylarına ait eşitlikler yazılır.

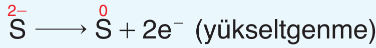


$$\overset{2-}{S} \longrightarrow \overset{0}{S} + 2e^- \text{ (yükseltgenme)}$$

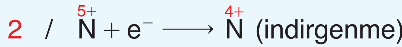


$$\overset{5+}{N} + e^- \longrightarrow \overset{4+}{N} \text{ (indirgenme)}$$

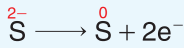
• Alınıp verilen elektron sayıları eşitlenir.



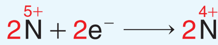
$$\overset{2-}{S} \longrightarrow \overset{0}{S} + 2e^- \text{ (yükseltgenme)}$$



$$2 \;/\; \overset{5+}{N} + e^- \longrightarrow \overset{4+}{N} \text{ (indirgenme)}$$

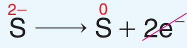


$$\overset{2-}{S} \longrightarrow \overset{0}{S} + 2e^-$$



$$2\overset{5+}{N} + 2e^- \longrightarrow 2\overset{4+}{N}$$

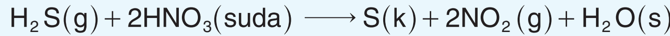
• Eşitlikler toplanarak yükseltgenen ve indirgenen atomların katsayıları tepkime denklemindeki türlerinde belirtilir.



$$\overset{2-}{S} \longrightarrow \overset{0}{S} + \cancel{2e^-}$$

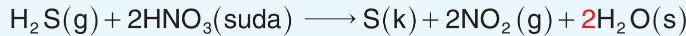


$$2\overset{5+}{N} + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2\overset{4+}{N}$$



$$H_2S(g) + 2HNO_3(suda) \longrightarrow S(k) + 2NO_2(g) + H_2O(s)$$

• Son olarak yükseltgenmeye ve indirgenmeye katılmayan atomlar denkleştirilir. Yukarıdaki tepkimede H ve O atomları yükseltgenmeye ve indirgenmeye katılmamıştır. Girenler kısmında 4 H atomu ve 6 O atomu vardır. Ürünlerde eşitliği sağlamak için H_2O bileşiğinin katsayısı 2 yapılmalıdır. Bu şekilde tepkime denkleştirilmiş olur.



$$H_2S(g) + 2HNO_3(suda) \longrightarrow S(k) + 2NO_2(g) + 2H_2O(s)$$

1.1.3. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimelerinin Oluşum Yolları

İndirgenme ve yükseltgenme tepkimelerinde elektron aktarımı nasıl gerçekleşir?

Kimyasal olayların tümünde elektronlar rol alır. Bu nedenle kimyasal tepkimeler elektrikseldir. İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinin, doğru bir şekilde kavranabilmesi için elektrik konusunda da bilgi sahibi olunmalıdır.

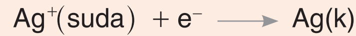
Elektrik akımı, elektronik iletkenlik ve elektrolitik iletkenlik kavramlarının ne anlama geldiğini biliyor musunuz?

Elektrik akımı, elektrik yükünün taşınması sonucu oluşur. Bu yük, metallerde elektronlar ile taşınır. Elektronlar, metal üzerindeki yüksek negatif yüklü bölgeden düşük negatif yüklü bölgeye doğru taşınır. Bu iletim biçimine **elektronik iletkenlik** denir.

İyon içeren çözeltiler elektrik akımını iletir. Bu çözeltilerde bulunan + ve - yüklü iyonlar, bir potansiyel farkı altında hareket ederek elektrik yükünü taşır. Bu iletim biçimine ise **elektrolitik iletkenlik** adı verilir.

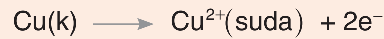
İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri farklı fiziksel yollarla gerçekleşebilir mi?

İndirgenme-yükseltgenme tepkimeleri iki farklı fiziksel yolla oluşturulabilir. Bunlardan ilki, yükseltgen ve indirgen maddelerin uygun bir kap içinde karıştırılarak bu maddelerin doğrudan temasının sağlanmasıdır. Örneğin, bir beherde bulunan gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisinin içine bakır (Cu) bir tel batırılarak indirgenme-yükseltgenme tepkimesi gerçekleştirilebilir. Gümüş nitrat çözeltisindeki gümüş iyonları bakır metaline doğru hareket eder. Bu iyonlar, bakır metalinin verdiği elektronları alarak indirgenir. İndirgenen Ag^+ iyonları Ag katısına dönüşerek bakır metalinin üzerinde birikir. Bu oluşum gümüş ağacı olarak adlandırılır (Görsel 1.5).



$$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$$

Bakır metali ise elektron vererek yükseltgenir ve bakır iyonlarını oluşturur. Çözeltinin renginin maviye dönüşmesi bu olayın göstergesidir.

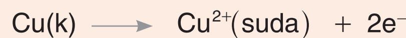


$$Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$$

Her iki yarı tepkimedeki alınıp verilen elektron sayıları, gümüş iyonlarının gümüş metaline indirgenme reaksiyonu 2 ile çarpılarak eşitlenir. Daha sonra tepkime toplanarak net reaksiyon elde edilir.



$$2Ag^+(suda) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(k)$$



$$Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$$

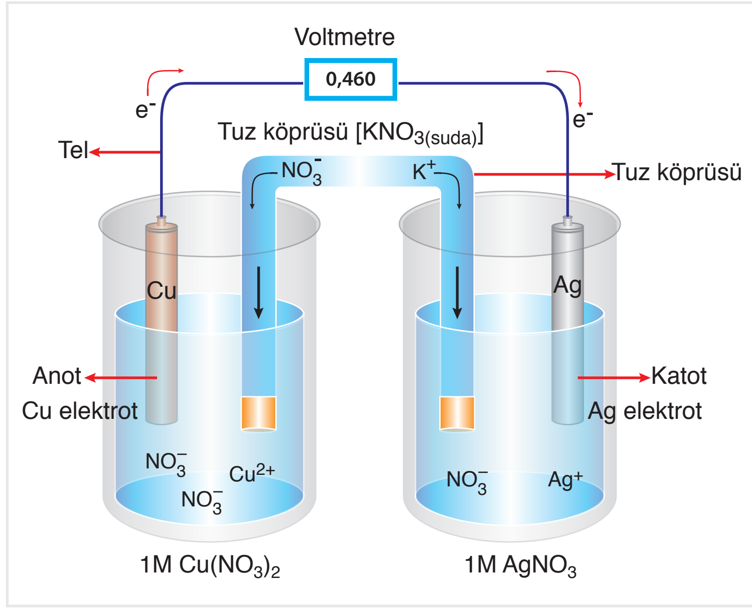


$$2Ag^+(suda) + Cu(k) \longrightarrow 2Ag(k) + Cu^{2+}(suda)$$

İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde elektron aktarımı indirgen ve yükseltgen maddelerin birbirinden ayrı olduğu elektrokimyasal hücrelerde de oluşturulabilir. Bu da ikinci yoldur.



Görsel 1.5: *Gümüş ağacı*



Şekil 1.1: *Elektrokimyasal hücre*

Şekil 1.1'de olduğu gibi kurulan düzenek, bir elektrokimyasal hücredir. Bu hücrede yükseltgen ve indirgen maddeler farklı kaplarda bulunur. İki kap arasında yer alan tuz köprüsü, iki yarı hücreyi birbirinden ayırırken aynı zamanda elektriksel teması sağlar. Bakır ve gümüş metalleri dıştan, metalik iletken bir tel ile birbirine bağlıdır. Bu hücrede bakır metali bakır iyonlarına yükseltgenirken bakır metalinin verdiği elektronlar, iletken tel ile gümüş metaline iletilir. Gümüş metalinin içinde bulunduğu çözeltideki gümüş iyonları bu elektronları alarak indirgenir. Elektrokimyasal hücrede oluşan net tepkime, bakır metalinin doğrudan gümüş nitrat çözeltisine batırılması ile oluşan tepkimeyle aynıdır.

Elektrokimyasal hücrede yer alan voltmetre ise iki metal arasındaki potansiyel farkını ölçer. Bu ölçüm, hücre ilk kurulduğunda en yüksek değeri alırken zamanla azalır ve toplam reaksiyon dengeye ulaştığında sıfır değerini alır. Voltmetrenin sıfır değerini alması pilin artık çalışmadığı anlamına gelir.

1.1.4. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimelerinde İstemlilik

Başlatıldıktan sonra dışarıdan bir etki olmadan devam edebilen tepkimeler istemli (kendiliğinden gerçekleşen), dışarıdan sürekli bir etki uygulanmadıkça devam edemeyen tepkimeler ise istemsiz (kendiliğinden gerçekleşmeyen) tepkimeler olarak tanımlanmıştı. Peki, indirgenme-yükseltgenme tepkimelerinin istemli olup olmadığı nasıl belirlenebilir?

Dikkat 1.5

İndirgenme-yükseltgenme reaksiyonlarında net reaksiyon ve onun denge durumu, reaksiyonun oluşum yolundan bağımsızdır.

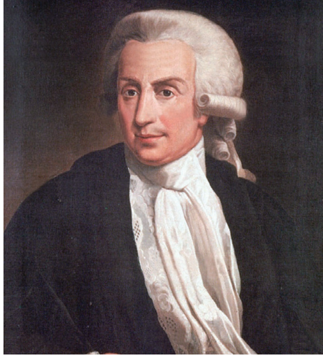


Görsel 1.6: Potansiyel farkının ölçüldüğü voltmetreler

İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinin istemli olup olmadığının belirlenmesi için elektrokimyasal hücreye ait standart hücre potansiyeli değerinin bilinmesi gerekir. Bir elektrokimyasal hücreye ait standart hücre potansiyeli değerinin nasıl hesaplanacağı ilerleyen konularda anlatılacaktır. Ancak basit olarak elektrokimyasal hücreye bağlanmış bir voltmetre, bu değerin deneysel sonucunu bizim için ölçebilir (Görsel 1.6). Elektrokimyasal hücreye bağlanmış voltmetrede okunan değerin sıfırdan büyük olması, elektrotlar arasında bir potansiyel farkın oluştuğu anlamına gelir. Bu durumda tepkime istemlidir ve dışarıdan bir etkiye ihtiyaç duymadan kendiliğinden gerçekleşir. Voltmetrede okunan değer ne kadar büyükse tepkime o kadar istemlidir. Voltmetrede herhangi bir değerin okunmaması yani voltmetrenin sıfır değerini göstermesi, elektrotlar arasında herhangi bir potansiyel farkın oluşmadığı anlamına gelir. Bu durumda ise tepkime kendiliğinden gerçekleşmiyordur yani istemsizdir.

İstemli indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri sonucu elektrik enerjisi oluşur. İstemsiz olanlara ise tepkimenin gerçekleşebilmesi için dışarıdan sürekli bir elektrik enerjisi verilmelidir. Bu konu ile ilgili detaylı bilgi ilerleyen konularda verilecektir.

1.2. ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER



Görsel 1.7: Hayvansal elektrik teorisini oluşturan Luigi Galvani (1737-1798) kas ve sinir hücrelerinin elektrik ürettiğini keşfetti.

Elektrotlar ve elektrokimyasal hücrelerin oluşumu ve tanımlanmasını daha iyi anlayabilmek için tarihî süreci inceleyelim.

Bu konudaki kayda değer ilk çalışmalar İtalyan bilim insanı Luigi Galvani (Luici Galvani, Görsel 1.7) ile başlar. Luigi Galvani, demir bir masa üzerinde neşterle kestiği ölü bir kurbağanın bacağının kasıldığını gözlemledi. Buradan yola çıkarak canlı dokularda bir elektrik iletkeni fazlası olduğunu ve bu elektrik akışının metalik iletkenler ile (demir masa ve neşter) sinirlerden kaslara taşındığı sonucuna vardı. Canlı dokuyu "hayvansal elektrik" olarak adlandırarak 1791 yılında "Hayvansal Elektrik Teorisi"ni oluşturdu.



Görsel 1.8: Volta pilinin mucidi Alessandro Volta (1745-1827)

Alessandro Volta (Alessandro Volta, Görsel 1.8) ise yaptığı deneylerle kurbağa bacağındaki kasılmanın kullanılan iki farklı metalden (demir masa ve neşter) ve hücrelerin sıvı içermesinden kaynaklandığını buldu. Yani oluşan elektriğin kaynağı, canlı doku değil ona değdirilen metal parçalarıydı. Yaptığı deneylerle ortamda canlı doku kullanmadan iki farklı metal parçasını aralarında bir sıvı ya da nemli bir bez kullanarak birleştirdiğinde elektrik akımını elde etmeyi başardı. 1800 yılında ilk elektrik pili olan "Volta

pili"ni (Görsel 1.9) geliştirdi. Bu pilde bakır ve çinko metallerinin arasında tuzlu suya batırılmış kartonlar kullanarak elektrik akımını elde etti.

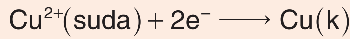
John Frederick Daniell (Can Frederik Denyıl) hacimsel olarak büyük ve pratikte kullanılması zor olan Volta pilini geliştirerek günümüzdeki pillerle aynı temel tasarımdaki "Daniell pili"ni oluşturdu. Daniell, sulu bakır (II) sülfat çözeltisine çinko metali daldırıldığında metalik bakırın çinko yüzeyinde toplandığını gözlemledi. Buradan yola çıkarak



$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

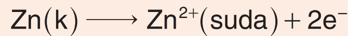
tepkimesinin kendiliğinden oluştuğunu anladı. Tepkime gerçekleşirken çinko atomları, elektronlarını çözeltideki Cu^{2+} iyonlarına aktararak Zn^{2+} iyonlarına yükseltgendi ve çözeltiye geçti. Çözeltideki Cu^{2+} iyonları ise bu elektronları alarak Cu atomlarına indirgendi ve çinko metal parçasının üzerine birikti ya da kapta çok küçük metalik katı parçalar hâlindeydi.

Daniell, (Görsel 1.10) Şekil 1.2'deki gibi bir düzenekle yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarını birbirinden ayırdı. Reaktifleri duvarlı ve gözenekli bir kapla ayırarak Zn atomlarından ayrılan elektronların dış devreden Cu^{2+} iyonlarının bulunduğu bölmeye geçişini sağladı. Cu^{2+} iyonları içeren bölmede



$$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$$

indirgenme yarı reaksiyonu gerçekleşirken Zn metalinin daldırıldığı bölmede ise



$$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$$

yükseltgenme yarı reaksiyonu gerçekleşti.

Elektrokimyasal hücrelerde yükseltgenmenin olduğu elektroda **anot**, indirgenmenin olduğu elektroda ise **katot** denir. Daniell pilindeki elektrotlar tepkimede yer alan Zn ve Cu metalleridir. Zn metali anot, Cu metali ise katot elektrottur. Gözenekli kap ile her bir yarı hücrede elektriksel nötralliğin korunması sağlanır. Gözenekli kaptan anyonlar, Zn elektrodun yükseltgenmesi ile oluşan Zn^{2+} iyonlarını dengelemek için anota, katyonlar ise Cu^{2+} iyonlarının indirgenmesi sonucu azalan çözeltideki (+) yük miktarını dengelemek için katoda doğru hareket eder. Bu şekilde Daniell, kullanılabilir elektrik enerjisi elde etmeyi başarmıştır.

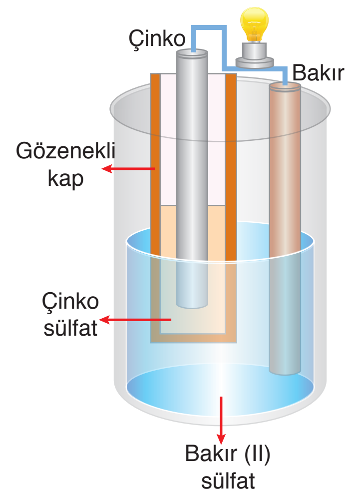
Metal çubuk kendi iyonlarını içeren bir çözeltiye daldırıldığında metal çubuğu oluşturan metal atomları elektron vererek metal iyonlarına dönüşür ve M^{n+} iyonu olarak çözeltiye geçer.



Görsel 1.9: *İlk elektrik pili (Volta pili)*

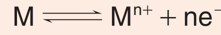


Görsel 1.10: *Daniell pilinin mucidi John Frederick Daniell (1790-1845)*



Şekil 1.2: *Daniell hücresi, sırası ile çinko sülfat ve bakır (II) sülfat çözeltilerine batırılan çinko ve bakır elektrotlardan oluşmuştur.*

Çözeltideki metal iyonları ise bu elektronları alarak serbest metal hâline dönüşür. Çözeltide metal atomları ve metal iyonları arasında,



$$M \rightleftharpoons M^{n+} + ne^{-}$$

dengesi oluşur. Bir metalin çözeltisine daldırılmasıyla oluşan sisteme **yarı hücre** adı verilir. Denge hâlindeki metal ile çözeltisi arasında oluşan potansiyele **elektrot potansiyeli** denir. Metallerin 25 °C sıcaklıkta kendi iyonlarının derişiminin 1 molar olduğu çözeltiye daldırılması ile ölçülen potansiyele o metalin **standart elektrot potansiyeli** denir.

İki yarı hücrenin birbirine dış devreden bir metalik iletken ile bağlanmasıyla elektrokimyasal hücre oluşur. Elektrokimyasal hücrenin tamamlanabilmesi için yarı hücreler arasına tuz köprüsü ilave edilmelidir.

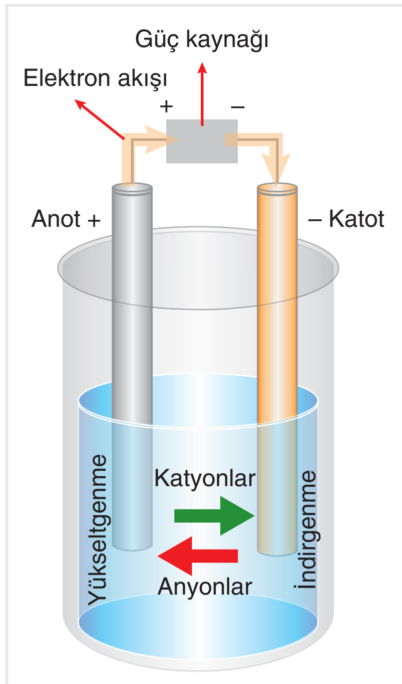


Dikkat 1.6

Bir elektrokimyasal hücre ister galvanik olsun isterse elektrolitik, daima anotta yükseltgenme, katotta ise indirgenme gerçekleşir.

Elektrokimyasal hücreler, kendiliğinden akım üretip üretmemelerine göre "elektroliz hücreleri" ya da "elektrokimyasal piller" olarak ikiye ayrılır.

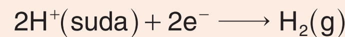
Kendiliğinden akım üreterek kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elektrokimyasal hücrelere **elektrokimyasal pil**, **galvanik hücre** ya da **voltaik hücre** denir. Kendiliğinden akım üretemeyen, dışarıdan aldığı elektriksel enerjiyi kimyasal enerjiye dönüştüren hücrelere ise **elektroliz** ya da **elektrolitik hücre** denir.



Şekil 1.3: *Elektrolitik hücre*

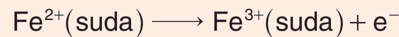
Elektrolitik hücreler (Şekil 1.3) galvanik hücrelerden farklıdır. Bu hücrelerde elektrotlar çoğunlukla aynı bölümdedir ve tek bir elektrolit vardır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken elektriksel yük, dış güç kaynağından sağlanır. Bu yük, bir elektrotta indirgenmenin diğer elektrotta ise yükseltgenmenin oluşmasını sağlar. Elektrolitik hücrelerde de elektrokimyasal pillerde olduğu gibi indirgenmenin gerçekleştiği elektrot katot, yükseltgenmenin gerçekleştiği elektrot ise anot olarak adlandırılır. Elektronlar, iletken tel boyunca önceden belirlenen yönde iletilir.

Galvanik hücrelerde kullanılan elektrotlar, reaksiyonda yer alan metallerdir. Ancak iletken bir katı içermeyen reaksiyonlar da olabilir. Örneğin



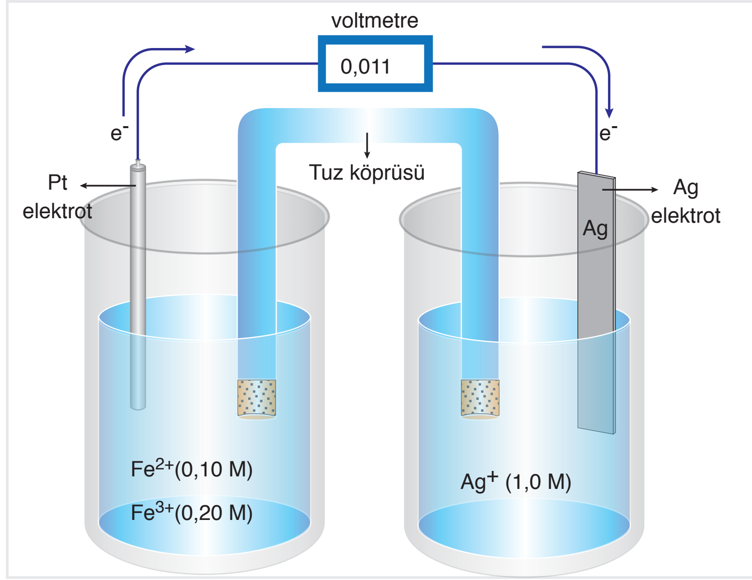
$$2H^{+}(suda) + 2e^{-} \longrightarrow H_2(g)$$

indirgenmesi bir gaz içerir. Örneğin



$$Fe^{2+}(suda) \longrightarrow Fe^{3+}(suda) + e^{-}$$

yükseltgenmesi ise iyon içerir. Bu gibi durumlarda nasıl bir elektrot tercih edilmelidir?



***Şekil 1.4:** İletken bir katı içermeyen reaksiyonlarda inert elektrotlar kullanılır.*

İletken bir katı içermeyen reaksiyonların gerçekleştiği Daniell hücrelerinde elektronları bir bölmede toplamak ya da bir bölmeden uzaklaştırmak için inert elektrotlar kullanılır (Şekil 1.4). İnert elektrotların tepkimeye girme istekleri azdır. Bu nedenle inert elektrot olarak genellikle platin, altın, paladyum gibi inert metaller kullanılmaktadır. İnert elektrotlar, batırıldıkları çözeltide yarı reaksiyonun gerçekleştiği yüzeylerdir. Bu metallerle hazırlanan elektrotların açığa çıkardığı potansiyel, bu elektrodun daldırıldığı çözeltideki türlerin yükseltgenme ya da indirgenme potansiyeline bağlıdır. İnert elektrotlar, sistem potansiyeline cevap verir ancak hücre reaksiyonunda yer almaz.

Tuz köprüsü, derişik tuz çözeltisi içeren uçlarında yarı geçirgen zar bulunan cam bir U borusudur. Tuz köprüsünün yarı geçirgen zarları tuz köprüsündeki çözelti ile anot ve katot kaplarındaki çözeltilerin karışmasını önleyerek sadece iyon geçişine izin verir. Bu şekilde yükseltgenme ve indirgenme olayları sırasında anotta ve katotta bozulan yük dengesini korur ve devrenin tamamlanmasını sağlar. Pil çalışırken anotta gerçekleşen yükseltgenme reaksiyonu ile katyon (+ yüklü iyon) derişimi artar. Katotta ise indirgenme reaksiyonu sonucu katyon derişimi azalır. Tuz köprüsündeki anyonlar (- yüklü iyonlar) anot kabına, katyonlar ise katot kabına göç ederek yük denkliğini sağlar. Tuz köprüsünde genellikle KCl (potasyum klorür), KNO_3 (potasyum nitrat) gibi sudaki çözünürlüğü yüksek tuzların doygun çözeltisi kullanılır.

Araştıralım 1.1.

Elektrokimyasal pillerde kullanılan tuz köprüsünde hangi tuzların kullanıldığını ve tuz köprüsünün elektrokimyasal piller için önemini arkadaşlarınızla birlikte araştırarak bir sunum hazırlayınız.



Etkinlik 1.1: Zn/Cu Elektrokimyasal Pil Yapımı





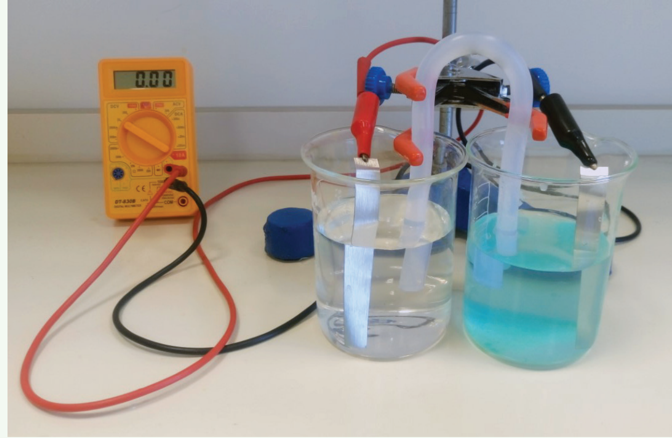

Deneyin Amacı: Zn ve Cu elektrokimyasal pili oluşturarak her bir bileşenin işlevini inceleme

Gerekli Malzemeler

- 500 mL'lik beherglas (2 adet)
- Doygun KCl çözeltisi
- $Cu(NO_3)_2$ çözeltisi (1M)
- Voltmetre
- $Zn(NO_3)_2$ çözeltisi (1M)
- U borusu
- Cu levha
- İletken tel
- Zn levha
- Pamuk
- Bunzen mesnedi
- Kıskaç

Deneyi Uygulayalım

- Beherglaslardan birinin içine 1M $Zn(NO_3)_2$ çözeltisinden 250 mL ekleyiniz.
- Diğer beherglasa 1M $Cu(NO_3)_2$ çözeltisinden 250 mL ekleyiniz.
- $Zn(NO_3)_2$ çözeltisini içeren beherglasa Zn levhayı daldırınız.
- $Cu(NO_3)_2$ çözeltisini içeren beherglasa ise Cu levhayı daldırınız.
- U borusuna doygun KCl çözeltisi ekleyerek borunun iki ucunu bir miktar pamuk ile kapatınız.
- Bunzen mesnedine kıskaç takınız. Daha sonra bu kıskaca U borusunu yerleştirerek borunun uçlarını iki beherglasa birden daldırınız.



- Zn ve Cu levhaları, şekilde gösterildiği gibi iletken tel yardımıyla voltmetreye bağlayınız.
- U borusunu sistemden çıkararak deneyi tekrarlayınız.

Deneyi Değerlendirelim

- Kurduğunuz elektrokimyasal pil düzeneğinde hangi yarı hücre anot, hangi yarı hücre katottur? Neden?
- U borusunun elektrokimyasal pildeki işlevi nedir?
- U borusunu sistemden çıkararak deneyi tekrarladığınızda neler gözlemlediniz?
- Voltmetrede ilk hangi değeri okudunuz? Bu değer zamanla değişti mi? Bunun nedeninin ne olabileceğini arkadaşlarınızla tartışınız.
- Bu sistemde meydana gelen kimyasal olay nedir ve bu olayı tersine çevirmek mümkün müdür? Tartışınız.
- **goo.gl/NzyF14** linkinden konu ile ilgili e-içerikleri inceleyiniz. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.2.

Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "D", yanlış olanları "Y" harfi ile belirtiniz.

(...) **1.** John Frederick Daniell, Hayvansal Elektrik Teorisi'ni oluşturmuştur.

(...) **2.** İletken bir katı içermeyen tepkimelerin gerçekleştirildiği elektrokimyasal hücrelerde inert elektrotlar kullanılır.

(...) **3.** Dışarıdan aldığı elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren hücrelere, "elektrolitik hücre" denir.

(...) **4.** Daniell hücrelerinde her zaman inert elektrotlar kullanılır.

(...) **5.** Bir metalin çözeltisine daldırılması ile oluşan sisteme "yarı hücre" denir.

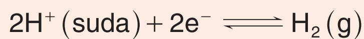
(...) **6.** İlk elektrik pili 1800 yılında icat edilen Volta pilidir.

1.3. ELEKTROT POTANSİYELLERİ

Voltmetre yardımı ile elektrokimyasal bir hücrede iki elektrot arasındaki potansiyel farkının ölçülebildiğini öğrenmiştik. Peki, elektrokimyasal hücreyi oluşturan her bir elektrodun (yarı hücrenin) potansiyeli ölçülebilir mi?

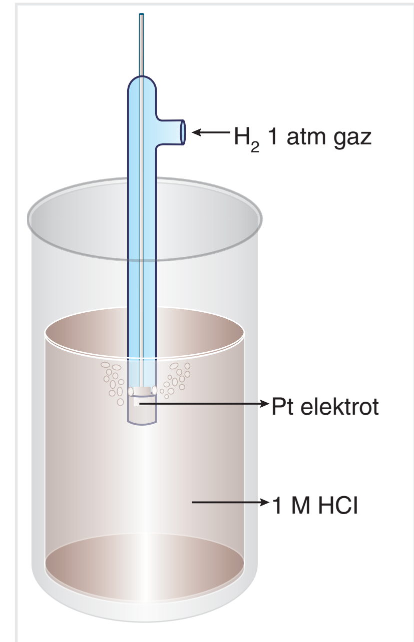
Mutlak yarı hücre potansiyelini ölçmek imkânsızdır. Çünkü var olan aletler sadece potansiyel farkını ölçebilir. Ancak uygun bir referans elektrot kullanılarak her bir elektrodun bağıl potansiyelleri ölçülebilir. Referans elektrot olarak yüksek tekrarlanabilirliğe sahip, kolay uygulanabilen ve tersinir olan standart hidrojen elektrot (SHE) yaygın kullanılır.

Şekil 1.5'te gösterilen standart hidrojen elektrotta platin, 1M H^+ iyonu içeren asit çözeltisine daldırılmıştır. Elektrot yüzeyine, sabit 1 atm basınçta hidrojen gazı gönderilerek çözeltinin hidrojence doygun olması sağlanır. Platin, elektrokimyasal reaksiyona katılmayıp sadece elektronların aktarılmasını sağlar. Standart hidrojen elektrotta



$$2H^+(suda) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$$

dengesi kurulur. Denge tepkimesi metal yüzeyinde belirli bir potansiyel oluşturur ancak bu potansiyel, bilim insanları tarafından sıfır kabul edilir. Bunun sonucu olarak standart hidrojen elektrot ve bir başka elektrottan oluşan bir galvanik hücrede voltmetre-



***Şekil 1.5:** Standart hidrojen elektrot (SHE)*



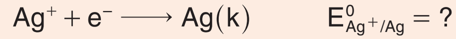
Dikkat 1.7.

Standart koşullar, oda koşulları ile aynı anlama gelmektedir. Sıcaklığın 25 °C ve basıncın 1 atmosfer olduğu koşullardır.

den okunan potansiyel farkı, diğer elektrodun potansiyeli olarak kabul edilir.

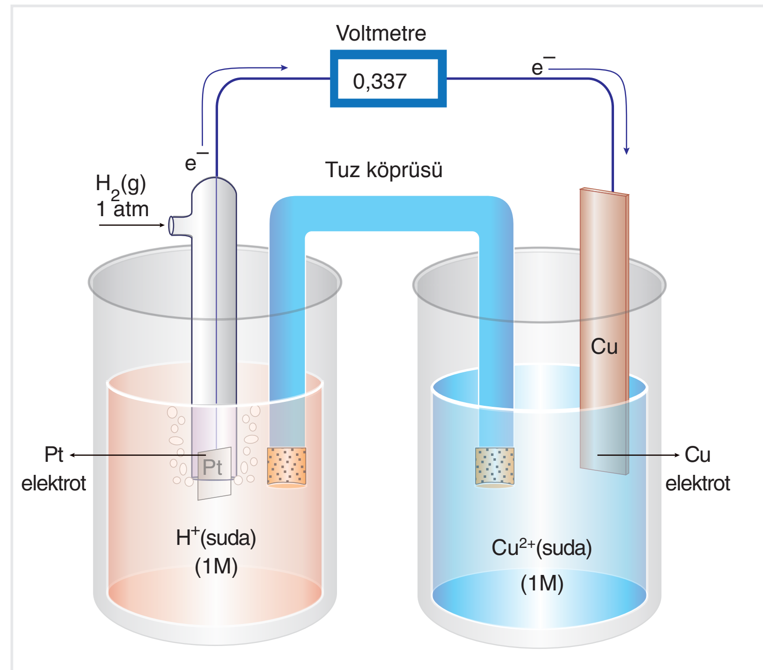
Uluslararası kabule göre standart elektrot potansiyeli "E^0" ile gösterilir ve elektrotta meydana gelen indirgenme eğilimini ölçer. Standart elektrot potansiyelleri reaksiyonda yer alan bütün türlerin aktivitelerinin 1 olduğu zamanki elektrot potansiyelidir. Türlerin aktivitelerin 1 olması, tür çözelti ise derişiminin 1M olması, gaz ise basıncının 1 bar ya da 1atm olması anlamına gelir.

Standart elektrot potansiyelinin indirgenmeye ait olduğunun belirtilmesi için E^0 simgesine alt indis olarak indirgenen madde ve indirgenme ürünü aralarına " / " işareti konularak yazılır.



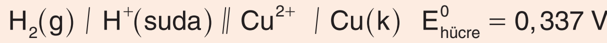
$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag(k) \qquad E^0_{Ag^+/Ag} = ?$$

Örneğin $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(k)$ yarı tepkimesinin standart elektrot potansiyelini bulalım. Referans elektrot olarak hidrojen elektrot kullanılıp Şekil 1.6'daki elektrokimyasal hücre oluşturulur. SHE elektrokimyasal hücrede anottur. Elektrot potansiyeli bulunmak istenen elektrot ise katottur. Elektronlar anottan katoda yani Pt elektrottan Cu elektroda doğru akar. Voltmetreden okunan değer, standart hücre potansiyelini $(E^0_{hücre})$ verir. Bizim hücremizin $E^0_{hücre}$ değeri 0,337 volttur.



Şekil 1.6: *Cu elektrodunun standart elektrot potansiyelinin belirlenmesi için oluşturulan elektrokimyasal hücre*

Elektrokimyasal hücreleri çizmek yerine hücre diyagramı denilen daha basit bir gösterim de kullanılabilir. Bu gösterimde yükseltgenmenin olduğu elektrot (anot) diyagramın solunda, indirgenmenin olduğu elektrot (katot) ise sağında gösterilir. Farklı fazlar arasındaki sınır, tek dikey çizgi (|) ile gösterilir. Yarı hücre bölmeleri arasındaki sınır olan tuz köprüsü ise iki dikey çizgi (‖) ile gösterilir. Bizim elektrokimyasal hücremizin hücre diyagramı aşağıdaki gibidir.



$$H_2(g) \mid H^+(suda) \parallel Cu^{2+} \mid Cu(k) \quad E^0_{hücre} = 0,337 \text{ V}$$

Standart hücre potansiyeli ($E^0_{hücre}$), iki standart elektrottan oluşan bir hücrenin potansiyel farkına denir. Bu fark bulunurken aşağıdaki formül kullanılır.

$$E^0_{hücre} = E^0_{indirgenme\,(katot)} - E^0_{indirgenme\,(anot)}$$

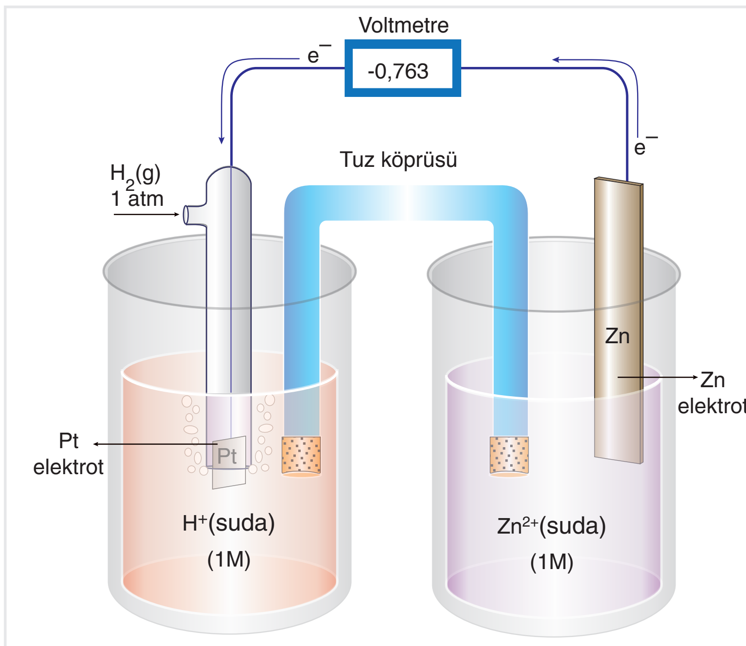
Bu formülü kendi hücre diyagramımıza uygularsak

$$E^0_{hücre} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{H^+/H_2}$$

$$0,337 = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - 0$$

$$E^0_{Cu^{2+}/Cu} = 0,337 \text{ volt}$$

olarak bulunmuş olur. Bakırın standart indirgenme potansiyeli, hidrojenin standart indirgenme potansiyelinden büyüktür. Bu nedenle bakır, hidrojenden daha kolay indirgenir.



Şekil 1.7: *Zn elektrodunun standart elektrot potansiyelinin belirlenmesi için oluşturulan elektrokimyasal hücre*

Dikkat 1.8.

Standart hücre potansiyelinin hesaplanmasında kullanılan E^0 değerleri, yarı hücrelerde yükseltgenme ya da indirgenme gerçekleşmesine bakılmaksızın daima o hücrelerdeki türlerin indirgenme potansiyelleridir.



Dikkat 1.9.

Standart hidrojen elektrot kullanılarak oluşturulan hücrelerde voltmetredeki değerin negatif olması, hidrojene karşı kullanılan metalin daha aktif olduğu anlamına gelir.

Şekil 1.7'de olduğu gibi Şekil 1.6'daki Cu elektrot yerine Zn elektrot koyarak oluşturulan hücrenin potansiyel farkı ölçüldüğünde voltmetre, –0,763 V değerini gösterir. Voltmetrede okunan değerin – işaretli olması, elektronların akış yönünün hidrojen-bakır hücresine göre zıt yönde olduğunu yani elektronların çinkodan hidrojene doğru aktığını gösterir. Bu hücrede çinko anottur. Zn elektrodu katot olarak çalıştırmak için -0,763 V'tan daha negatif bir potansiyelin hücreye uygulanması gerekir.

Aşağıdaki formülü kullanarak çinkonun indirgenme potansiyelini hesaplayalım.

$$E^{o}_{hücre} = E^{o}_{indirgenme(katot)} - E^{o}_{indirgenme(anot)}$$

$$E^{o}_{hücre} = E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} - E^{o}_{H^{+}/H_2}$$

$$-0,763 = E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} - 0$$

$$E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} = -0,763 \text{ volt}$$

Çinkonun indirgenme potansiyelinin negatif olması, hidrojenin çinkodan daha kolay indirgendiği anlamına gelir. Başka bir deyişle çinkonun yükseltgenme potansiyeli hidrojenden büyüktür yani çinko hidrojenden daha aktiftir (Elektron verme eğilimi fazladır).

Özetle referans elektrot olarak alınan standart hidrojen elektrodun potansiyeli sıfır kabul edilir. Herhangi bir elektrodun elektrot potansiyeli bulunurken SHE anot; diğer elektrot, katot olarak kabul edilir. Voltmetrede okunan değer ise o elektrodun indirgenme potansiyelini verir. Voltmetrede okunan değerin pozitif olması, o elektrodun indirgenme eğiliminin hidrojenin indirgenme eğiliminden büyük olduğu anlamına gelir. Voltmetrede okunan değerin negatif olması ise o elektrodun indirgenme eğiliminin hidrojenin indirgenme eğiliminden küçük olduğu anlamına gelir. Tepkimelerde çok kullanılan bazı elementlerin indirgenme yarı tepkimeleri ile 25 °C'ta SHE kullanılarak hesaplanan standart indirgenme potansiyelleri Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo1.2: Çok kullanılan bazı indirgenme yarı tepkimeleri ile 25 °C'taki standart indirgenme potansiyelleri

Yarı Reaksiyon	İndirgenme Potansiyeli (E^0,V)	Yarı Reaksiyon	İndirgenme Potansiyeli (E^0,V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	+2,870	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni(k)$	-0,250
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au(k)$	+1,496	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd(k)$	-0,403
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1,359	$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	-0,408
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,229	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,440
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg(s)$	+0,850	$Cr^{3+} + 3e^- + \rightarrow Cr(k)$	-0,744
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(k)$	+0,799	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(k)$	-0,763
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,521	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al(k)$	-1,662
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,337	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg(k)$	-2,356
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0,000	$Na^+ + e^- \rightarrow Na(k)$	-2,714
$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,040	$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca(k)$	-2,866
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb(k)$	-0,126	$K^+ + e^- \rightarrow K(k)$	-2,931
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn(k)$	-0,136	$Li^+ + e^- \rightarrow Li(k)$	-3,040

1.3.1. Metalik Aktiflik

Metallerin aktif olması ne anlama gelir? Metalleri aktifliklerine göre nasıl sıralayabiliriz?

Elementlerin bileşik yapabilme kabiliyetlerine **aktiflik** denir. Metallerde elektron verebilme yatkınlığı, ametallerde ise elektron alabilme yatkınlığı aktifliğin ölçüsüdür. Bir metal ne kadar kolay elektron verebiliyorsa yani metalden elektronun koparılabilmesi için ne kadar az enerji gerekiyorsa o kadar aktiftir. Elektron verme, yükseltgenme olarak tanımlanmıştı yani metallerin yükseltgenme potansiyeli $\left(E^0_{yükseltgenme}\right)$ ne kadar büyükse metal o kadar kolay yükseltgenir. Yükseltgenme potansiyeli büyük olan metal diğerlerine göre daha aktiftir.

Dikkat 1.10.

Bir metal, aktifliği kendisinden az olan metalin iyonunu kendiliğinden indirger.

Tablo1.3: Bazı metallerin aktiflik sıralaması

Metal	Sembolü
Potasyum	K
Kalsiyum	Ca
Sodyum	Na
Magnezyum	Mg
Alüminyum	Al
Çinko	Zn
Demir	Fe
Kalay	Sn
Kurşun	Pb
Bakır	Cu
Cıva	Hg
Gümüş	Ag
Altın	Au
Platin	Pt

AKTİFLİK ARTAR

Tablo 1.2'de çok kullanılan bazı indirgenme yarı tepkimeleri ile bu tepkimelerin standart indirgenme potansiyelleri verilmiştir. Tepkimelerin ters çevrilmesi ile yükseltgenme tepkimeleri elde edilir. Tepkimelerin ters çevrilmesi, E° değerlerinin işaret değiştirmesi anlamına gelir. Buna göre bazı metallerin yükseltgenme tepkimeleri ve standart yükseltgenme potansiyelleri aşağıdaki gibidir.

$Li \rightarrow Li^{+} + e^{-}$ $\quad E^{0} = 3,040\ V$

$K \rightarrow K^{+} + e^{-}$ $\quad E^{0} = 2,931\ V$

$Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$ $\quad E^{0} = 2,714\ V$

$Cu \rightarrow Cu^{+} + e^{-}$ $\quad E^{0} = -0,521\ V$

$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e^{-}$ $\quad E^{0} = -1,496\ V$

Yukarıda görüldüğü gibi her metalin elektron verme eğilimi yani yükseltgenme potansiyeli farklıdır. Metaller, elektron verme yatkınlıklarına yani yükseltgenme potansiyellerinin azalışına göre sıralandığında aktiflik sırası elde edilir. Çok kullanılan bazı metallerin aktiflik sıralaması Tablo 1.3'te verilmiştir.

1.3.2. Standart İndirgenme Potansiyelleri ile Redoks Tepkimelerinin İstemliliğinin Tespiti

Elementlerin standart indirgenme potansiyellerinin bilinmesi ile tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşip gerçekleşemeyeceğinin yorumu yapılabilir mi?

Bir redoks tepkimesinde indirgenen ve yükseltgenen türe ait indirgenme potansiyellerinin bilinmesi, tepkimenin kendiliğinden gerçekleşip gerçekleşemeyeceğini yani istemli olup olmadığını belirlememizi sağlar. Pil tepkimelerinin redoks tepkimeleri olduğunu öğrenmiştik. Tıpkı pil tepkimelerinde olduğu gibi tüm redoks tepkimelerinde, hesaplanan hücre potansiyeli ($E^{0}_{hücre}$) değeri sıfırdan büyükse tepkime, belirtilen koşullarda ileri yönde istemlidir. Hücre potansiyeli değerinin sıfırdan küçük olması durumunda tepkimenin belirtilen koşullarda ters yönde istemli olduğu, sıfıra eşit olması durumunda ise belirtilen koşullarda dengede olduğu yorumu yapılır.



Hatırlayalım 1.1.

Aktif metaller, aktifliği kendisinden daha az olan metalleri bileşiklerinden ayırır. Bu nedenle aktifliği hidrojenden büyük metaller, hidrojenli asitlerle tepkimeye girdiğinde metal ile hidrojen yer değiştirir. Reaksiyon sonucu hidrojen gazı ve tuz oluşur.

ÖRNEK 1.5.

$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$ tepkimesinin istemliliğini 37. sayfadaki Tablo 1.2’den yararlanarak tespit edelim.

ÇÖZÜM 1.5.

• Bu redoks tepkimesine baktığımızda çinkonun yükseltgenen, Cu^{2+} iyonunun ise indirgenen tür olduğunu söyleyebiliriz. Tepkimenin hücre diyagramı, $Zn(k) \mid Zn^{2+}(suda) \parallel Cu^{2+}(suda) \mid Cu(k)$ şeklindedir. Hücre potansiyeli $E^0_{hücre}$ Tablo 1.2’deki çinkonun ve bakırın indirgenme potansiyelleri ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E^0_{hücre} = E^0_{indirgenme\,(katot)} - E^0_{indirgenme\,(anot)}$$

$$E^0_{hücre} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn}$$

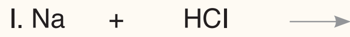
$$E^0_{hücre} = 0,337 - (-0,763)$$

$$E^0_{hücre} = 1,100\ V$$

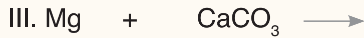
Bulunan $E^0_{hücre}$ değeri sıfırdan büyük olduğu için tepkime, belirtilen koşullarda istemlidir ve kendiliğinden gerçekleşir.

ÖRNEK 1.6.

Aşağıda verilen tepkimelerin kendiğilinden gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini 37. sayfadaki Tablo 1.2’den yararlanarak yorumlayalım.

I. Na + HCl 

II. Cu + KNO_3 

III. Mg + $CaCO_3$ 

ÇÖZÜM 1.6.

• Tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşip gerçekleşmeyeceği metallerin aktifliği ile açıklanır. Metaller, aktifliği kendisinden daha az olan metal iyonunu kendiliğinden indirger.

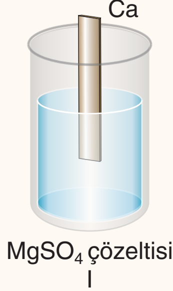
I. tepkimede Na atomu H^+ iyonundan daha aktif olduğu için tepkime kendiliğinden gerçekleşir.

II. tepkimede Cu atomu K^+ iyonundan aktif olmadığı için tepkime kendiliğinden gerçekleşmez.

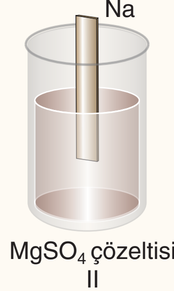
III. tepkimede Mg atomu Ca^{2+} iyonundan aktif olmadığı için tepkime kendiliğinden gerçekleşmez.

ÖRNEK 1.7.

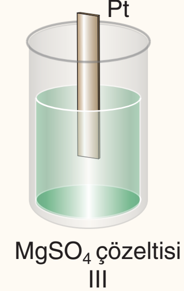
37. sayfada verilen Tablo 1.2'den yararlanarak aşağıda verilen çözeltilere batırılan metal çubukların aşınıp aşınmayacağını yorumlayalım.



$MgSO_4$ çözeltisi
I



$MgSO_4$ çözeltisi
II



$MgSO_4$ çözeltisi
III

ÇÖZÜM 1.7.

I. kaba batırılan Ca, çözeltideki Mg^{2+} iyonundan aktif olduğu için tepkime gerçekleşir. Ca çubuk aşınır.

II. kaba batırılan Na, çözeltideki Mg^{2+} iyonundan aktif olduğu için tepkime gerçekleşir. Na çubuk aşınır.

III. kaba batırılan Pt çözeltideki Mg^{2+} iyonundan aktif olmadığı için tepkime olmaz. Pt çubuk aşınmaz.

1.3.3. Standart Olmayan Koşullarda Elektrot Potansiyellerinin Hesaplanması

Elektrot ve hücre potansiyellerinin ölçülmesinde standart koşulları (25 °C'ta çözeltiler için 1 M derişim, gazlar için 1atm basınç) kullandık. Peki, koşulların değiştirilmesi elektrot ve hücre potansiyellerini değiştirebilir mi?

Bir hücrede elektron verme ve alma eğilimi arasındaki fark ne kadar büyükse hücre potansiyeli de o kadar büyüktür. Ancak hücre zamanla elektron verme ve alma gücünü kaybeder. Bu, hücre reaksiyonunun dengeye ulaştığı anlamına gelir. Reaksiyon dengeye ulaştığında hücre potansiyeli sıfır olur ve pil çalışmaz.

Kimyasal denge konusundan hatırlayacağımız gibi Le Chatelier (Lö Şatölye) İlkesi'ne göre tepkimeye girenlerin ya da ürünlerin derişimlerinin değiştirilmesi dengeyi etkiler. Bu nedenle bir galvanik hücrede kullanılan çözeltilerin derişimlerinin değiştirilmesi, dengeyi bozarak hücrenin potansiyelinin de değişmesine neden olur.

Hücre potansiyelinin derişim ve basınçla değişimi üzerine ilk çalışmalar Alman Kimyacı Walther Nernst (Voltır Nörnst) tarafından

yapılmıştır. Walther Nernst yaptığı araştırmalar sonucu aşağıdaki bağıntıları oluşturmuştur.

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{[A^+]^a}{[B^+]^b}$$

$[A^+]$: Yükseltgenmenin gerçekleştiği yarı hücredeki aktif türlerin çözeltideki derişimi

$[B^+]$: İndirgenmenin gerçekleştiği yarı hücredeki aktif türlerin çözeltideki derişimi

a, b : Yarı reaksiyona katılan türlerin stokiyometrik katsayısı

E^0 : Standart hücre potansiyeli

R : İdeal gaz sabiti

T : Mutlak sıcaklık (K)

n : Yarı hücre reaksiyonunda alınıp verilen elektronun stokiyometrik katsayısı

F : Faraday sabiti (96485)

ln : Doğal logaritma (2,303 log)

25 °C'ta ln yerine logaritma alınıp sabitler yerine yazılarak yeni bir eşitlik elde edilir.

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log \frac{[A^+]^a}{[B^+]^b}$$

Elde edilen bu eşitliğe **Nernst eşitliği** denir. Standart olmayan koşullarda Nernst eşitliği kullanılarak hücre potansiyeli hesaplanır.

ÖRNEK 1.8

Aşağıda verilen volta hücresinin $E_{hücre}$ değerini hesaplayalım.



ÇÖZÜM 1.8

Öncelikle $E^0_{hücre}$ değeri hesaplanır. Bu değer hesaplanırken 37. sayfada verilen Tablo 1.2'deki standart yarı hücre potansiyelleri kullanılır.

$$E^0_{hücre} = E^0_{indirgenme\,(katot)} - E^0_{indirgenme\,(anot)}$$

$$E^0_{hücre} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn}$$

$$E^0_{hücre} = 0,337 - (-0,763)$$

$$E^0_{hücre} = 1,100\ V$$



- Tepkime denklemi yazılır.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

- Tepkimede alınıp verilen elektron sayısı n= 2, anot ve katot derişimleri sırası ile $[Zn^{2+}]$ = 0,01M, $[Cu^{2+}]$ = 0,1M; tepkime denkleminden de görüldüğü üzere tepkimeye katılan türlerin stokiyometrik katsayıları 1'dir. Bulunan ve verilen bu değerler Nernst eşitliğinde yerine yazılarak $E_{hücre}$ değeri hesaplanır.

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{hücre} = 1,100 - \frac{0,0592}{2} \log \frac{0,01}{0,1}$$

$$E_{hücre} = 1,100 - 0,0296 \log 0,1$$

$$E_{hücre} = 1,100 - 0,0296(-1)$$

$$E_{hücre} = 1,100 + 0,0296$$

$$E_{hücre} = 1,1296 \text{ V}$$

ÖRNEK 1.9.

Örnek 1.8'de verilen volta hücresinin $E_{hücre}$ değerini anot ve katot derişimlerinin sırasıyla $[Zn^{2+}]$ = 0,1M, $[Cu^{2+}]$ = 0,01M alarak tekrar hesaplayalım.

ÇÖZÜM 1.9.

- Tepkimede sadece derişimler değiştirildiği için Nernst eşitliğinde bu değişen değerler yerine yazılarak $E_{hücre}$ değeri hesaplanır.

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{hücre} = 1,100 - \frac{0,0592}{2} \log \frac{0,1}{0,01}$$

$$E_{hücre} = 1,100 - 0,0296 \log 10$$

$$E_{hücre} = 1,100 - 0,0296(+1)$$

$$E_{hücre} = 1,100 - 0,0296$$

$$E_{hücre} = 1,0704 \text{ V}$$

Örnek 1.8 ve 1.9'dan da anlaşılacağı üzere standart olmayan koşullarda hücre potansiyeli, reaksiyona girenlerin ve ürünlerin yani anottaki ve katottaki çözeltilerin derişimine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Anotta ve katotta bulunan aktif türlerin yükseltgenme basamaklarının eşit olduğu pillerde, anottaki aktif tür derişimi katottaki aktif tür derişimden fazla olduğunda hücre potansiyeli azalır. Katottaki aktif tür derişimi anottaki aktif tür derişiminden fazla olduğunda ise hücre potansiyeli artar. Anottaki ve katottaki aktif tür derişimlerinin eşit olması durumunda ise $\log\frac{[A^+]^a}{[B^+]^b} = \log 1 = 0$ olacağı için hesaplanan elektrot potansiyeli, standart elektrot potansiyeline eşit olur. Hücre potansiyeli büyük olan piller daha uzun ömürlüdür.

Hücre potansiyelleri anottaki ve katottaki aktif tür derişimlerinden başka nelere bağlı olabilir? Elektrot kütlesi ya da sıcaklık hücre potansiyelini etkileyebilir mi?

Pil tepkimeleri denge tepkimeleridir. 11. sınıf "Kimyasal Tepkimelerde Denge" konusundan da hatırlayacağınız gibi katıların denge üzerine etkisi yoktur. Bu nedenle pillerde kullanılan elektrotların kütlelerinin değiştirilmesi hücre potansiyelini etkilemez. Ancak sıcaklığın değiştirilmesi elektrot potansiyellerini değiştireceği için hücre potansiyelinin de değişmesine neden olur. Ayrıca pil tepkimeleri ekzotermik tepkimeler olduğundan sıcaklığın arttırılması, dengenin girenler lehine bozulmasına neden olacaktır. Bu da pil potansiyelinin azalması anlamına gelir. Sıcaklık düşürüldüğünde ise denge ürünler lehine bozulacaktır. Bu ise pil potansiyelinin artması anlamına gelir. Genel olarak sıcaklık artıkça galvanik pillerde pil potansiyeli azalır sıcaklığın düşürülmesi ise pil potansiyelini artırır.

Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.3.

A. Aşağıda verilen redoks reaksiyonlarının istemliliğini 37. sayfada verilen Tablo 1.2'den yararlanarak tespit ediniz.

1. $2Al(k) + 3Cu^{2+}(suda) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 3Cu(k)$

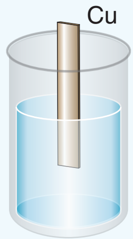
2. $Mg(k) + 2Na^{+}(suda) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + 2Na(k)$

B. Aşağıda verilen volta hücrelerinin $E_{hücre}$ değerlerini hesaplayınız.

1. $Al(k) \mid Al^{3+}(0,1M) \parallel Sn^{2+}(0,01M) \mid Sn(k)$

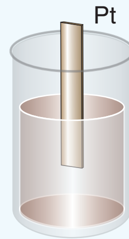
2. $Cu(k) \mid Cu^{2+}(0,04M) \parallel Ag^{+}(0,2M) \mid Ag(k)$

C. Aşağıda verilen çözeltilere batırılan metal çubukların aşınıp aşınmayacağını 38. sayfada verilen Tablo 1.3'ten yararlanarak belirtiniz.



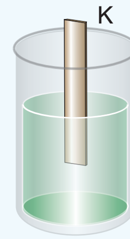
HCl çözeltisi

1. kap



H_2SO_4 çözeltisi

2. kap



$CaCl_2$ çözeltisi

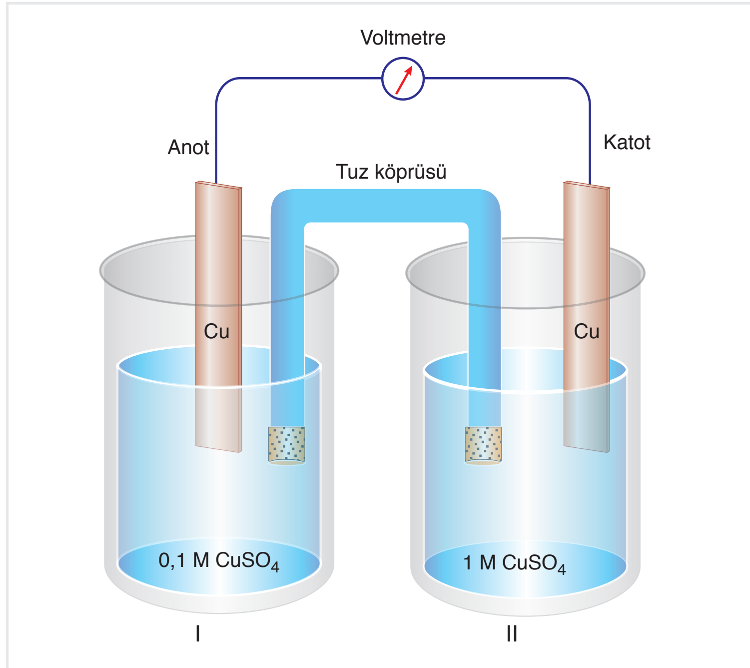
3. kap

Derişim Hücreleri

Elektrokimyasal bir hücre oluştururken anot ve katot olarak farklı elektrotlar ile çözeltileri kullandık. Peki, anot ve katot olarak aynı elektrotları ve aynı çözeltileri kullanılarak pil oluşturulabilir mi?

Nernst eşitliğine göre standart koşullarda aynı iki elektrot kullanılarak hazırlanan bir hücrede potansiyel fark sıfır olur. Yani pil çalışmaz. Ancak anotta ve katotta kullanılan çözelti derişimleri farklı alınırsa standart hücre potansiyeli sıfır olmasına karşın iyon derişimleri arasındaki farklılık bir potansiyel fark oluşturur ve pil çalışır. Bu şekilde hazırlanan pillere **derişim pilleri** denir. Derişim pillerinde elektron aktarımı, daima seyreltik çözeltiden derişik çözeltiye doğru olur. Derişimin çok olduğu yarı hücre katot, derişimin az olduğu yarı hücre ise anot olarak görev yapar.

Şekil 1.8'de verilen derişim pilinde Cu elektrotlar farklı derişimlerdeki bakır (II) sülfat ($CuSO_4$) çözeltilerine daldırılmıştır. Derişimin az olduğu I. kaba batırılan Cu elektrot anot, derişimin çok olduğu II. kaba batırılan Cu elektrot ise katottur. Pilin hücre diyagramı, $Cu(k) \mid Cu^{2+}(0,1M) \parallel Cu^{2+}(1M) \mid Cu(k)$ şeklindedir. Matematiksel olarak hücre potansiyeli, Nernst eşitliği yardımı ile hesaplanır.



Şekil 1.8: *Derişim pili*

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Cu^{2+}_{(seyreltik)}]}{[Cu^{2+}_{(derişik)}]}$$

$$E_{hücre} = 0 - \frac{0,0592}{2} \log \frac{0,1}{1}$$

$$E_{hücre} = 0 - 0,0296 \log 0,1$$

$$E_{hücre} = 0 - 0,0296(-1)$$

$$E_{hücre} = 0 + 0,0296$$

$$E_{hücre} = 0,0296 \text{ V}$$

Derişim pillerinde genellikle hücre potansiyelleri küçüktür. Derişimler arasındaki fark azaldıkça hücre potansiyeli de azalır. İki yarı hücrenin derişimi eşitlendiğinde ise hücre potansiyeli sıfır olur ve pil çalışmaz.





Dikkat 1.11.

Tuz köprüsünde kullanılan iyonlar çözeltilerdeki iyonlarla tepkime vermemelidir.

Derişim pillerinde de diğer pillerde olduğu gibi tuz köprüsü kullanılır. Tuz köprüsü, bu pillerde de anot ve katot kaplarındaki çözeltilerin karışmasını önleyerek sadece iyon geçişine izin verir. Anotta ve katotta bozulan yük dengesini korur ve devrenin tamamlanmasını sağlar.

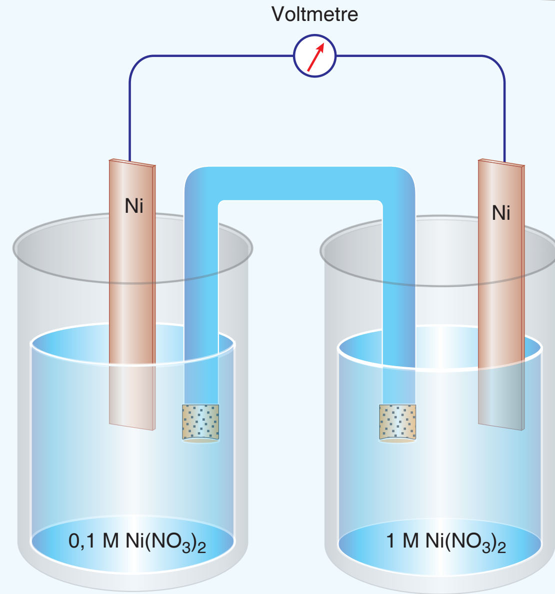
Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.4.

Pil şeması yanda verilen pil ile ilgili

a) Hücre diyagramını yazınız.

b) Anot ve katot tepkimelerini yazarak pil potansiyelini hesaplayınız (37. sayfadaki Tablo 1.2'de verilen indirgenme potansiyeli değerlerinden yararlanınız.).

c) Pil tepkimesini yazınız.





Araştıralım 1.2.

Lityum iyon pilleri ve güncel kullanım alanlarını açıklayan bir poster hazırlayarak bunu arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.4. KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

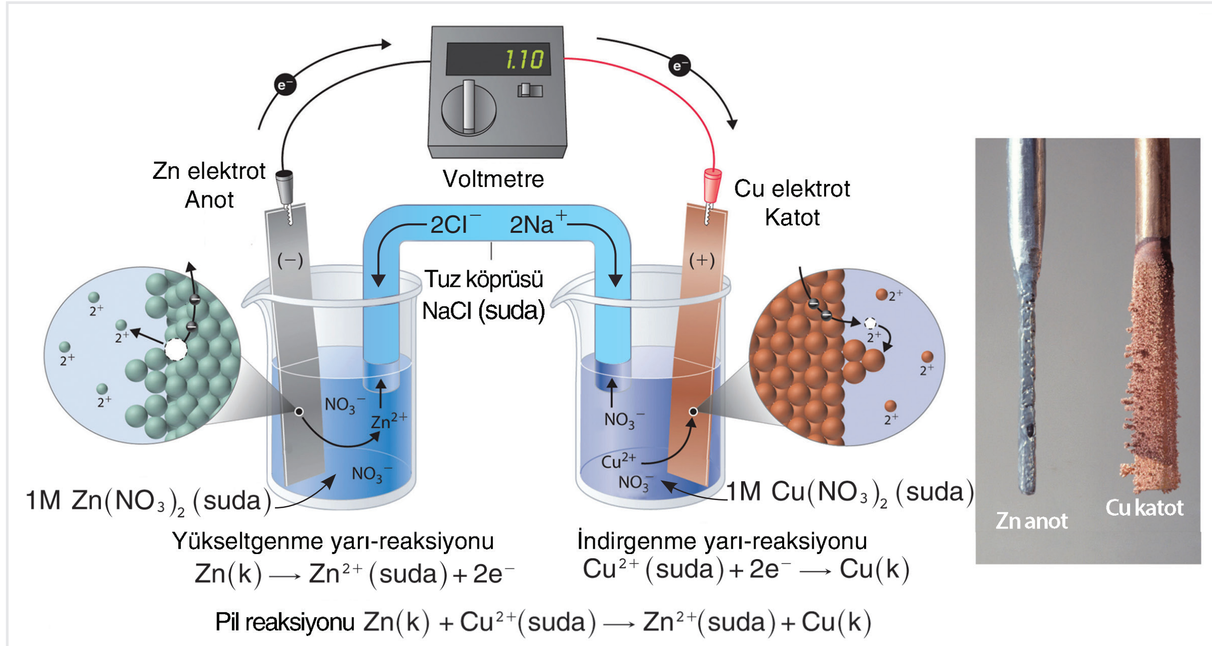
Kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan enerjiden elektrik enerjisi üreten kimyasal hücrelere **pil** denir. 1800'lü yıllarda Alessandro Volta ile başlayan pil kullanımı günümüzde de gelişen teknoloji ile devam etmektedir.

Günümüzde kullanılmakta olan çok çeşitli piller bulunmaktadır. Ancak biz bu ünitede sadece galvanik piller ve lityum pilleri üzerinde duracağız.

1.4.1. Galvanik Piller

Galvanik hücrelerden elektrik enerjisi nasıl elde edilmektedir?

Daha önce de öğrendiğimiz gibi bir galvanik hücre iki yarı hücreden oluşur. Bu yarı hücreler, iletken bir tel ve tuz köprüsü ile birbirlerine bağlanır.



***Şekil 1.9:** Zn elektrot-Cu elektrot Galvanik pili*

Şekil 1.9'da verilen galvanik pili inceleyerek galvanik hücrelerden elektrik enerjisinin nasıl elde edildiğini anlamaya çalışalım.

Hatırlayacağınız gibi yukarıdaki galvanik hücrede Zn elektrot anot, Cu elektrot ise katot olarak görev yapmaktadır. Anot ve katot yarı hücrelerinde meydana gelen tepkimeleri yazalım.

Anot: $Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^{-}$ (yükseltgenme)

Katot: $Cu^{2+}(suda) + 2e^{-} \rightarrow Cu(k)$ (indirgenme)

Anotta Zn elektrodun yükseltgenmesi ile açığa çıkan iki elektron, dış devrede iletken tele aktarılır. İletken telde artan elektron yoğunluğu ile telin katot hücresine yakın ucundan elektronlar Cu elektroda iletilir. Burada elektronlar çözelti ara yüzeyinde bulunan Cu^{2+} iyonlarını indirgeyerek bakıra dönüştürür. Pil çalıştıkça anotta Zn^{2+} iyonlarının oluşması pozitif yük yoğunluğunu artırır. Katotta ise azalan Cu^{2+} yoğunluğu ile negatif yük yoğunluğu artar. Anotta pozitif yükün, katotta ise negatif yükün kutuplanarak pilin kısa devre yapmasını önlemek için tuz köprüsündeki anyonlar anoda, katyonlar ise katoda hareket eder. Bu şekilde elektronötralizasyon sağlanarak kutuplanma önlenmiş olur.

Elektrotlar arasındaki potansiyel farkı nedeni ile anottan katoda doğru elektron geçişi oluşur. Bu potansiyel farkına **hücre**

gerilimi, pilin elektromotor kuvveti (emk) ya da **pil potansiyeli** denir ve E_{pil} ile gösterilir.

Galvanik hücrelerde elektrik akımı üretilirken pil potansiyeli zamanla azalır ve hücre reaksiyonu dengeye ulaştığında sıfır olur.

ÖRNEK 1.10.

Aşağıda verilen galvanik pil ile ilgili

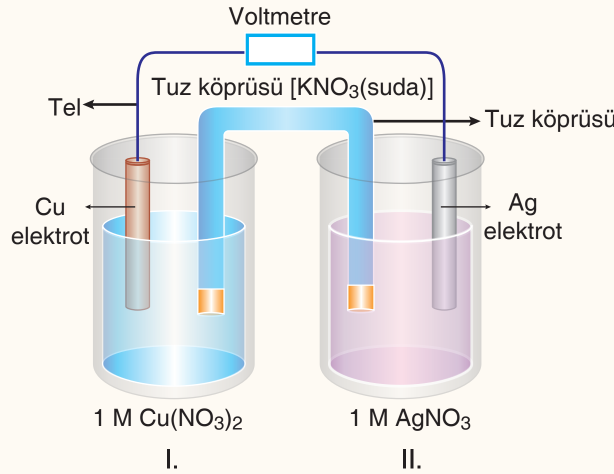
a) 37. sayfada verilen Tablo 1.2 yardımı ile anodu ve katodu belirleyerek elektronun akış yönünü belirtiniz.

b) Pil şemasını yazınız.

c) Anot ve katot tepkimeleri ile toplam pil tepkimesini yazınız.

ç) Pil potansiyelini hesaplayınız.

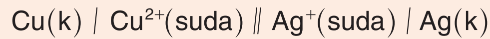
d) I ve II. kapta meydana gelen olayları yazınız.



ÇÖZÜM 1.10.

a) 37. sayfada verilen Tablo 1.2'deki standart yarı hücre potansiyellerine bakıldığında bakırın indirgenme potansiyelinin 0,337 volt, gümüşün ise 0,799 volt olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere gümüşün indirgenme potansiyeli daha büyük olduğu için Ag indirgenir yani katottur. Cu ise anottur. Elektronlar anottan katoda yani Cu elekrottan Ag elektroda doğru akar.

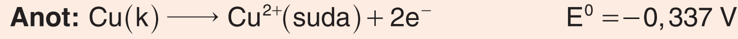
b) Pil şemasında önce anot, sonra katot belirtilerek aşağıdaki gibi yazılır.



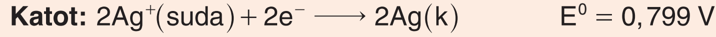
$Cu(k) \mid Cu^{2+}(suda) \parallel Ag^{+}(suda) \mid Ag(k)$

c) Her iki yarı reaksiyondaki elektron sayılarını eşitlemek için katot reaksiyonu 2 ile çarpılır.

Ancak standart elektrot potansiyelinin bundan etkilenmeyeceği unutulmamalıdır. Standart elektrot potansiyeli tepkime ters çevrildiğinde işaret değiştirir fakat herhangi bir sayı ile çarpılıp herhangi bir sayıya bölünmez.

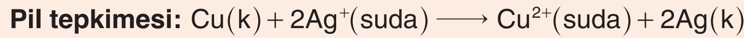


Anot: $Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^0 = -0,337\ V$



Katot: $2Ag^+(suda) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(k)$ $\quad E^0 = 0,799\ V$

Pil tepkimesi



Pil tepkimesi: $Cu(k) + 2Ag^+(suda) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2Ag(k)$

ç) Pil potansiyeli

$$E^0_{pil} = E^0_{indirgeme\,(katot)} - E^0_{indirgeme\,(anot)}$$

$$E^0_{pil} = E^0_{Ag^+/Ag} - E^0_{Cu^{2+}/Cu}$$

$$E^0_{pil} = 0,799 - 0,337$$

$$E^0_{pil} = 0,462\ V'tur.$$

d) I. kapta,

- Cu elektrodun kütlesi zamanla azalır.
- Cu elektrot dış devreye elektron verir.
- Çözeltideki Cu^{2+} iyon derişimi zamanla artar.
- Tuz köprüsündeki anyonlar I. kaba göçer.

II. kapta,

- Ag elektrodun kütlesi zamanla artar.
- Ag elektrot dış devreden elektron alır.
- Çözeltideki Ag^+ iyonu derişimi zamanla azalır.
- Tuz köprüsündeki katyonlar II. kaba göçer.

Galvanik bir pilde, pil potansiyelini artırmak için neler yapılabilir? Elektrotların kütlesinin artırılması ya da çözelti hacimlerinin değiştirilmesi pil potansiyelini etkileyebilir mi?

Pil potansiyeli, pilde kullanılan elektrotların indirgenme potansiyelleri ile hesaplanır. Daha önce de öğrendiğimiz gibi bu değerler standart koşullarda sabittir. Koşullar değiştirilirse elektrot potansiyelleri, dolayısıyla da pil potansiyeli değişecektir. Nernst eşitliğinden de anlaşılacağı üzere anottaki çözelti derişimi ne kadar az, katottaki çözelti derişimi ise ne kadar fazla olursa pil potansiyeli o kadar büyük değer alacaktır. Ancak elektrot



Görsel 1.11: Cep telefonlarında, bilgisayarlarda ve fotoğraf makinelerinde lityum iyon pilleri kullanılmaktadır.

kütlesinin değiştirilmesi ya da derişimi değiştirilmeden çözelti hacminin artırılması, pil potansiyelini değiştirmez; sadece pilin çalışma süresini artırır.

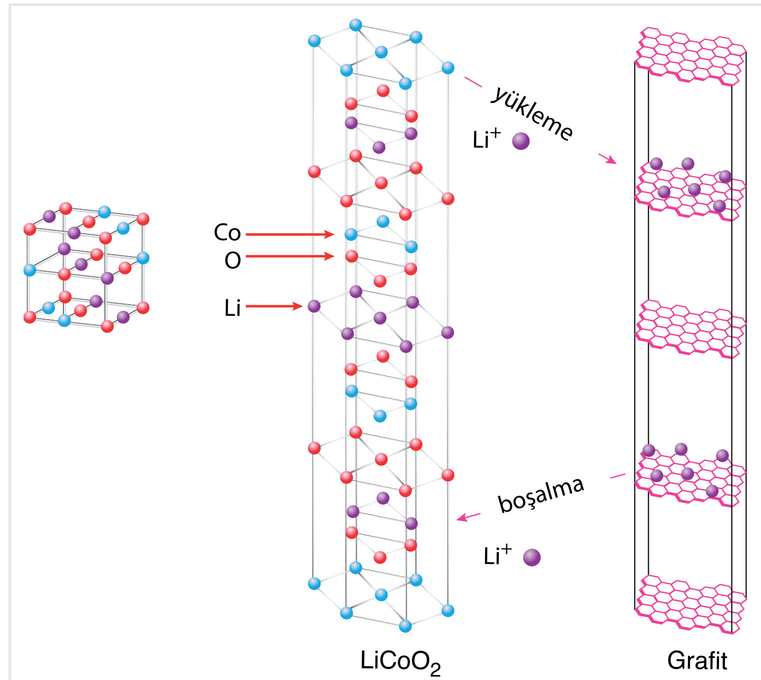
Pil tepkimeleri ekzotermik tepkimelerdir. Sıcaklığın değiştirilmesi, elektrot potansiyellerinin dolayısıyla pil potansiyelinin değişmesine neden olur. Sıcaklık artırılırsa pil potansiyeli azalır.

1.4.2. Lityum Pilleri

Cep telefonu, bilgisayar gibi taşınabilir elektronik birçok cihazda lityum iyon pilleri kullanılmaktadır (Görsel 1.11). Peki, gündelik yaşantımızda kullandığımız bu tür cihazlarda niçin lityum iyon pillerinin tercih edildiğini biliyor musunuz?

Lityum iyon pilleri şarj edilebilir pillerdir. Aynı zamanda yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Bunun yanı sıra toksik değildir ve çevreye düşük seviyede CO_2 gazı salınımı yapar yani çevre dostudur. Tüm bu sebeplerden dolayı tercih edilmektedir.

Lityum iyon pillerinde de negatif ve pozitif elektrotlar yani anot ve katot elektrotları vardır. Anot elektrot, negatif elektrottur ve tabakalı yapıya sahiptir. Anot elektrot olarak genellikle çok iyi kristallendirilmiş grafit kullanılır. Katot elektrot, pozitif elektrottur ve tünel ya da tabakalı yapıya sahiptir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: *Lityum iyon pilinin elektrotları*

Katot elektrot olarak metal oksitler ($LiMO_2$) kullanılır. Burada M, metal atomunu ifade etmektedir. En çok kullanılan metal oksit, lityum kobalt (III) oksittir ($LiCoO_2$). Pilin tamamlanması için organik çözücü ve $LiPF_6$ gibi iyonlar içeren elektrolitler kullanılır. Bu şekilde tamamlanmış bir pilde lityum iyonu, pozitif ve negatif elektrotlar arasında hareket eder.

Lityum iyon pillerinde elektron kaynağı, katot elektrot olarak kullanılan metal oksitteki metal atomunun yükseltgenmesidir.

Pozitif elektrottan elektronlar uzaklaşırken lityum iyonları elektrolit çözeltisine verilir. Lityum iyonları negatif elektrotta grafit tabakalarının arasına girer ve lityum atomuna indirgenir.

Pilin şarj edilmesi sırasında lityum iyonları, bu elektronları grafit elektroda alır; deşarj sırasında ise pozitif elektroda geri döndürür.

Lityum iyon pilleri geleceğin teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle dünyada ve ülkemizde lityum iyon pillerinin özelliklerini geliştirip dezavantajlarını azaltacak çalışmalar yapılmaktadır.

Bazı piller cıva, çinko, nikel ve kadminyum gibi ağır metal içerir. Pillerin çevreye bırakılması bu ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olur. Ağır metaller çevreyi kirleterek canlılara zarar verir. Bu nedenle çevre bilinci oluşmuş, sorumluluk sahibi ve gelecek nesilleri düşünen bireyler olarak pilleri; okullarda, bazı marketlerde ve kamusal alanlarda bulunan geri dönüşüm kutularına atmalıyız. Bu şekilde sürdürülebilir kalkınmaya destek olarak ülkemizi ve dünyayı koruma yönünde küçük bir adım atarız. Ayrıca gündelik hayatımızda şarj edilebilir piller kullanarak hem bireysel tasarruf yaparız hem de toprağımızı, suyumuzu ve buralarda yaşayan canlıları koruruz. Hayat temiz bir ortamda hep birlikte yaşarsak güzeldir. Bütün varlıklar birbirine muhtaçtır.



Bunları Biliyor muyuz? 1.6.

İlk ticari amaçlı lityum iyon pili, 1991 yılında bir Japon firması tarafından üretilmiştir.



Etkinlik 1.2: Lityum İyon Pilleri ve Güncel Kullanım Alanlarını Açıklayan Poster Hazırlama

Etkinliğin Amacı: Lityum iyon pillerinin önemi hakkında farkındalık oluşturulması

Etkinliği Uygulayalım

• Sayfa yapısı: Yatay

• Sayfa boyutu: AO = 841 mm x 1189 mm

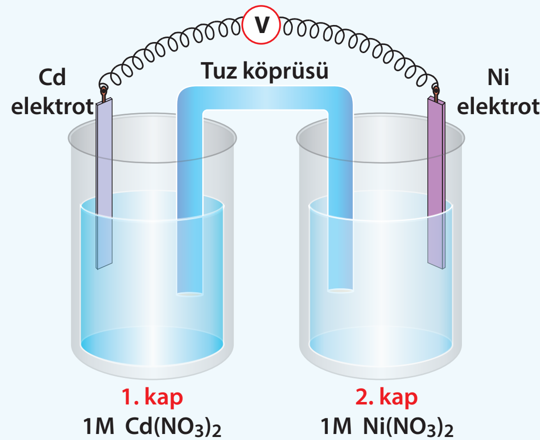
• Yazı tipi: Times New Roman

• Yazı tipi boyutu: Ana başlık = 84 pt, Hazırlayanın adı = 56 pt, Ara başlık = 40 pt, Metin = 32 pt, Görsel yazısı = 20 pt

Araştırmalarınız sonucu elde ettiğiniz bilgilerle yukarıda verilen özelliklerde posterler hazırlayarak arkadaşlarınıza sununuz.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.5.



Yukarıda verilen galvanik pil ile ilgili

a) 37. sayfada verilen Tablo 1.2 yardımı ile anot ve katodu belirleyiniz.

b) Anot ve katot tepkimelerini yazınız.

c) Elektronun akış yönünü belirtiniz.

ç) Pil şemasını yazınız.

d) Pil potansiyelini hesaplayınız.

e) 1 ve 2. kaplarda meydana gelen olayları yazınız.

1.5. ELEKTROLİZ

Şimdiye kadar kimyasal enerjiden elektrik enerjisi üreten voltaik ya da galvanik hücre olarak adlandırılan istemli elektrokimyasal hücrelerden bahsettik. Bu bölümde ise diğer bir elektrokimyasal hücre olan elektroliz hücrelerinden bahsedeceğiz. Daha önce de tanımladığımız gibi elektrolitik hücre, kendiliğinden oluşmayan kimyasal reaksiyonların dışarıdan elektrik akımı uygulanarak yürütüldüğü kimyasal hücrelerdir. **Elektroliz** ise kendiliğinden gerçekleşmesi mümkün olmayan bir kimyasal değişimin çözeltiden veya erimiş tuz içinden, kontrollü potansiyel altında elektrik akımı geçirilerek zorla meydana getirilmesi işlemi olarak tanımlanabilir.

19. yüzyılın en büyük bilim insanlarından biri olan Michael Faraday (Maykıl Faredey, Görsel 1.12) yaptığı deneylerle elektrolizin temel ilkelerini belirledi.



Bunları Biliyor muyuz? 1.7.

Elektroliz; şarj edilebilir pillerin şarj edilmesinde, metallerin bileşiklerinden elde edilmesinde ve bir metal yüzeyin başka bir metal ile kaplanmasında kullanılmaktadır.



Görsel 1.12: *Elektrolizin temel ilkelerini belirleyen Michael Faraday (1797-1867)*

1.5.1. Faraday Yasaları

Michael Faraday manyetik etki ile ilgili çeşitli deneyler gerçekleştirdi. Faraday'in, bu deneyler sırasında elektriğin farklı biçimlerde ortaya çıkan türlerinin niteliği konusunda kuşkuları belirdi. Elektrikli yılan balıklarının saldığı elektrik ile bir güç kaynağından elde edilen elektrik birbiriyle aynı mıydı? Yoksa bunlar farklı yasalara mı uyuyorlardı?

Michael Faraday araştırmalarını genişleterek 1833 yılında ortaya koyduğu elektroliz yasaları ile bu sorulara cevaplar buldu.

Faraday'in I. Elektroliz Yasası: Bir elektroliz hücresinden elektrik akımı geçirildiğinde, elektrotlarda açığa çıkan ya da azalan madde miktarı(m) ile hücreden geçen elektrik yükü miktarı (Q) doğru orantılıdır.

$$m(gram) \propto Q(kulon)$$

Elektrik yükü birimi "coulomb"dur (kulon) ve C simgesi ile gösterilir. 1 coulomb, 1 amper şiddetindeki elektrik akımının bir iletken üzerinde 1 saniye süre ile akması durumunda taşıdığı elektrik yükü miktarıdır.

Faraday'in II. Elektroliz Yasası: Aynı miktarda elektrik yükü geçirilen elektrolitik hücrelerin elektrotlarında açığa çıkan ya da

azalan madde miktarı, bu maddelerin eş değer kütleleri ile doğru orantılıdır.

Bir elektrolitik hücreden 96500 coulomb elektriksel yük geçirildiğinde elektrotlarda bir eş değer gram madde açığa çıkar ya da elektrot kütlesi bir eş değer gram azalır. Bir eş değer gram madde açığa çıkaran elektrik miktarına **1 faraday** denir.

Elektroliz işlemi sırasında alınıp verilen elektron sayısının Avogadro sayısı kadar alınması işlem kolaylığı sağlar. Bu nedenle Avogadro sayısı kadar elektron (1 mol) = 1 faraday = 96 500 coulombdur.

$$m = \frac{(A/n).I.t}{96500}$$

m: Elektrotlarda açığa çıkan madde miktarı (gram)

A: Açığa çıkan maddenin atom ağırlığı (gram)

n: 1 mol madde için aktarılan elektron sayısı

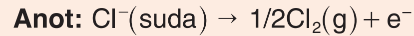
I: Devreden geçen akım şiddet (amper)

t: Akımın geçme süresi (saniye)

Bir coulomb yük, üzerinden 1 amperlik akım geçen bir iletkenden birim zamanda geçen elektrik yükü miktarıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q = I.t$$

Elektroliz işlemlerinde katyonlar katotta indirgenerek açığa çıkarken anyonlar anotta yükseltgenerek açığa çıkar. Örneğin erimiş NaCl elektroliz edildiğinde anot ve katot reaksiyonları aşağıdaki gibi yazılır.


Anot: $Cl^{-}(suda) \rightarrow 1/2Cl_2(g) + e^{-}$


Katot: $Na^{+}(suda) + e^{-} \rightarrow Na(k)$

Devreden 1 mol elektron geçtiğinde katotta 1mol Na^{+} iyonu indirgenerek 1 mol yani 23 gram sodyum atomu meydana gelir. Anotta ise 1 mol Cl^{-} iyonu yükseltgenerek 0,5 mol Cl_2 gazı meydana gelir.

ÖRNEK 1.11.

Erimiş $AlCl_3$ elektrolizinde devreden 28950 coulomb elektrik yükü geçirilmektedir. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayalım.

a. Katotta hangi maddeden kaç gram toplanır?

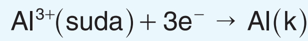
b. Anotta hangi maddeden kaç mol toplanır?

c. Açığa çıkan klor gazının normal koşullardaki hacmi kaç litredir?

(Al: 27 g/mol, Cl: 35,5 g/mol)

ÇÖZÜM 1.11.

a. Katotta aşağıdaki tepkime gerçekleşir.


$Al^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Al(k)$

I. Yol

96500 coulomb   1F

28950 coulomb   x F

---

x = 0,3 F yani devreden 0,3 mol e^- geçmektedir.

Devreden 3F yük geçtiğinde 1mol yani 27 gram Al toplanacağına göre

3 F yük ile   27 gram Al toplanacağına göre

0,3 F yük ile   x gram Al toplanır.

---

x = 2,7 gram olarak bulunur.

II. Yol

Formülde verilen değerler yerine konulur.

$$m = \frac{(A/n).I.t}{96500}$$

m = ?

n = 3

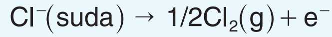
I.t = Q = 28950 coulomb

A = 27 g/mol

$$m = \frac{(27/3) \cdot 28950}{96500}$$

$= 2,7$ gram Al

b. Anot tepkimesi aşağıdaki gibidir.



Tepkimeden de anlaşılacağı üzere devreden 1mol e^- yani 1F yük geçirildiğinde 0,5 mol Cl_2 gazı toplanmaktadır. a şıkkında devreden 0,3 F yük geçtiğini bulduğumuza göre

1F 0,5 mol Cl_2 açığa çıkardığına göre

0,3 F x mol çıkarır.

---

x = 0,15 mol bulunur.

c. b şıkkında 0,15 mol Cl_2 toplandığını bulmuştuk. Önceki bilgilerimizi kullanarak

1 mol gaz NKA'da 22,4 L hacim kapladığına göre

0,15 mol gaz x L hacim kaplar.

---

x = 3,36 L olarak bulunur.

ÖRNEK 1.12.

Erimiş sodyum klorür elektrolizi sonucu anotta NKA'da 5,6 L hacim kaplayan Cl_2 gazı toplanmaktadır. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayalım.

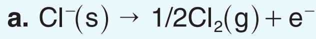
a. Devreden kaç mol elektron geçmiştir?

b. Devreden geçen elektrik yükü kaç coulombdur?

c. Katotta kaç gram Na metali toplanmıştır?

(Na: 23 g/mol)

ÇÖZÜM 1.12.

a. 

Tepkimeden de anlaşılacağı üzere devreden 1 mol elektron geçirildiğinde 0,5 mol Cl_2 gazı toplanır. Bu nedenle ilk olarak toplanan Cl_2 gazının mol sayısını bulalım.

NKA'da 1 mol gaz 22,4 L hacim kaplar.

x mol 5,6 L hacim kaplar.

---

x = 0,25 mol bulunur.

0,25 mol Cl_2 gazı toplayan elektronun mol sayısı,

1 mol e^- 0,5 mol Cl_2 gazı açığa çıkarır.

x mol e^- 0,25 mol Cl_2 gazı açığa çıkarır.

---

x = 0,5 mol e^- bulunur.

b.

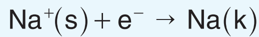
1 mol e^- 96500 coulombdur.

0,5 mol e^- x coulombdur.

---

x = 48250 coulombdur.

c. Katotta aşağıdaki tepkime gerçekleşir.



Tepkimeden de anlaşılacağı üzere devreden geçen 1 mol e^- katotta 1 mol Na metali toplanmasına neden olur. Devreden 0,5 mol e^- geçtiğine göre 0,5 mol Na metali toplanır. Buradan yola çıkılarak Na metalinin kütlesi,

1 mol Na 23 g olduğuna göre

0,5 mol Na x g

---

x = 11,5 g olarak bulunur.

Bir elektroliz kabında birden fazla farklı iyon bulunduğunda anotta ve katotta ilk toplanacak madde nasıl belirlenir?

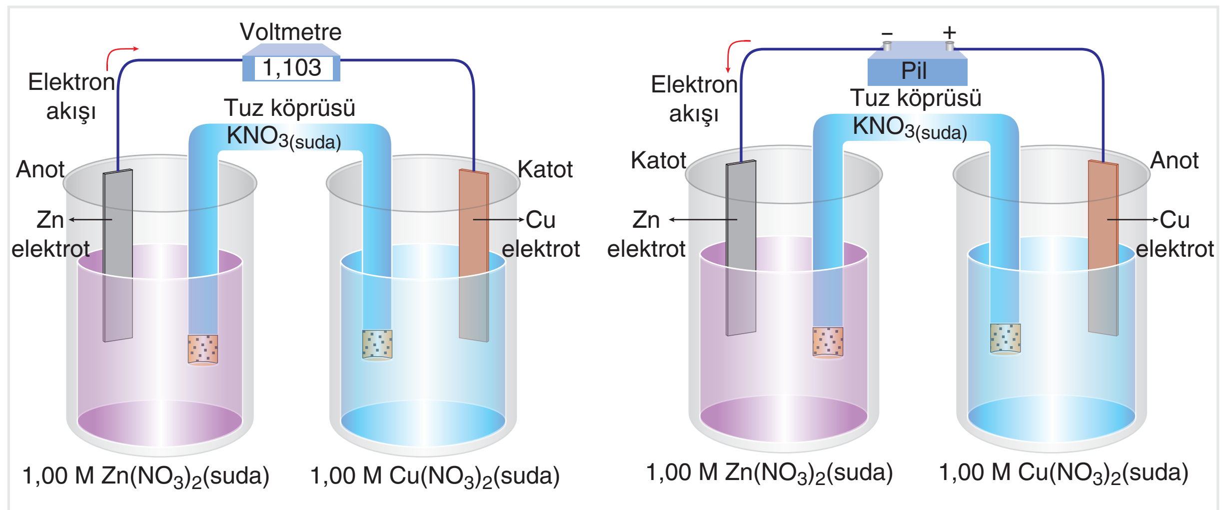
Elektroliz kabında birden fazla farklı iyon bulunduğunda anotta yükseltgenme eğilimi büyük olan öncelikle yükseltgenirken katotta indirgenme eğilimi büyük olan öncelikle indirgenecektir. Sodyum klorürün ve gümüş bromürün sulu çözeltisinin Pt elektrot kullanılarak yapılan elektrolizinde anotta ve katotta ilk oluşan maddeleri bulalım.

Çözeltide Na^+, Cl^-, Ag^+, Br^- iyonlarının yanı sıra su bulunduğu için H^+ ve OH^- iyonları da vardır. Bu iyonların elektron verme eğilimleri $Na > H_2 > Ag > Br^- > Cl^- > OH^-$ şeklindedir.

Anotta Cl^-, Br^- ya da OH^- anyonlarından yükseltgenme potansiyeli büyük olanın öncelikle yükseltgenmesi beklenir. Br^- iyonunun yükseltgenme potansiyeli diğer anyonlardan büyük olduğu için ilk Br^- iyonu yükseltgenir ve Br_2 gazına dönüşerek anotta toplanır. Katotta ise Na^+, Ag^+ ya da H^+ katyonlarından indirgenme potansiyeli büyük olan öncelikle indirgenecektir. Bu nedenle çözeltideki Ag^+ iyonu indirgenerek Ag metaline dönüşür ve katotta toplanır.

Volta hücresine, dışarıdan bir elektrik kaynağı bağlanarak volta hücresi, elektroliz hücresine dönüştürülebilir mi?

Volta hücreleri elektroliz hücrelerine dönüştürülebilir. Ancak dışarıdan bağlanan elektrik kaynağından volta hücresine, volta hücresinden elde edilen gerilimden daha büyük bir gerilim uygulanmalıdır. Bu şekilde volta hücresindeki elektron akışının yönü ters çevrilerek volta hücresi elektroliz hücresine dönüştürülür (Şekil 1.11).



***Şekil 1.11:** Volta hücresinin elektroliz hücresine dönüştürülmesi*



Etkinlik 1.3: Faraday Yasası'nın Elektronik Tablolama Programı ile Kurgulanması

Etkinlik Amacı: Bilişim teknolojilerinin kimyaya uygulanabilirliğinin gösterilip Faraday bağıntısında değişen değerlere karşı oluşan değişimlerin gözlenmesi

Etkinliği Uygulayalım

• Bilgisayarınızda bir elektronik tablolama programı sayfası açınız.

$$m = \frac{(A/n) \cdot I \cdot t}{96\,500}$$

• Faraday'ın bağıntısını uygulamak için bir örnek tasarlayınız.

• Örneğinizde anot ve katotta açığa çıkmasını beklediğiniz madde miktarının devreden geçen akım ve süre ile nasıl değiştiğini gözlemlemek için açtığınız sayfada sütunlara değerleri aşağıdaki gibi tanıtınız.

A1 | f_x A

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	A	n	I	t	96500	m					
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											

• F2 hücresine tıkladıktan sonra sayfanın üst kısmında bulunan formül çubuğu ile m sütununa aşağıdaki gibi Faraday'in formülünü tanımlayınız.

F2 | f_x =(((A2/B2)*(C2*D2)/E2)) — Formül Çubuğu

	A	B	C	D	E	F	H	I	J
1	A	n	I	t		m			
2						#SAYI/0!			
3									
4									
5									
6									

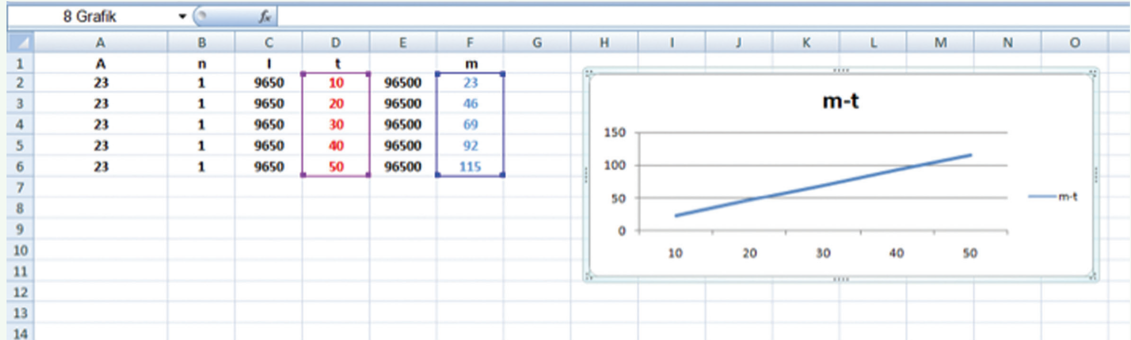
• Sütunlara tanıttığınız değerler kısmına sayısal verileri giriniz ve formülün sonucunu kontrol ediniz.

• Verilerinizde devreden geçen akım süresini değiştiriniz ve sonuçları gözlemleyiniz. Aşağıdaki örnekte Na atomunun katotta toplanmasını değişen sürelerle ifade ettik. Siz de kendi örneğiniz için verileri düzenleyiniz.

E1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	A	n	I	t		m			
2	23	1	9650	10	96500	23			
3	23	1	9650	20	96500	46			
4	23	1	9650	30	96500	69			
5	23	1	9650	40	96500	92			
6	23	1	9650	50	96500	115			
7									
8									

• Daha sonra ekle sekmesinden yandaki gibi zamana karşılık kütle değişimini gösteren çizgi grafiği ekleyerek aşağıdaki gibi grafikteki değişimleri gözlemleyiniz.



8 Grafik

	A	B	C	D	E	F
1	A	n	I	t		m
2	23	1	9650	10	96500	23
3	23	1	9650	20	96500	46
4	23	1	9650	30	96500	69
5	23	1	9650	40	96500	92
6	23	1	9650	50	96500	115

Etkinliği Değerlendirelim

• Geçen akımla toplanan madde miktarı arasında nasıl bir ilişki vardır?

• Etkinliği devreden geçen akım miktarını değiştirerek tekrarlayınız. Nasıl bir grafik elde ettiniz? İlk elde ettiğiniz grafikle bunu kıyaslayınız.

• Başka elektronik tablolama programları kullanarak Faraday'in bağıntısını kurgulayınız. Çalışmanızı ve sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.



Etkinlik 1.4: Elektroliz ile Bakır Kaplama Deneyi

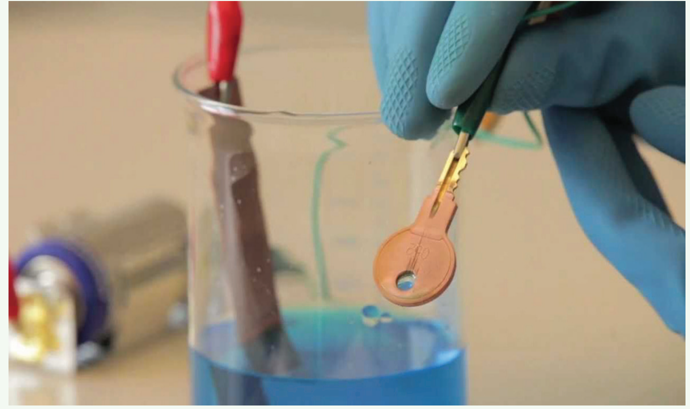


Deneyin Amacı: Elektroliz olayının öğrenilmesi ve bir metal parçasının bakır ile kaplanması

Gerekli Malzemeler

- 500 mL'lik beherglas
- Bakır (II) sülfat ($CuSO_4$) çözeltisi
- Hidrolik asit (HCl) çözeltisi
- Metal parçası (anahtar)
- Bakır levha
- Üreteç
- Not defteri
- Saf su
- Bağlantı kabloları
- Saat
- Terazi

Deneyi Uygulayalım



- Beherglasa 200 mL bakır (II) sülfat çözeltisinden ekleyiniz.
- Üzerine 2-3 damla hidroklorik asit çözeltisinden ekleyiniz.
- Bakır levhayı terazi yardımı ile tartıp tartımı defterinize not ediniz.
- Bakır levhayı iletken tel yardımı ile üretecin pozitif (+) kutbuna bağlayınız.
- Metal parçasını terazi yardımı ile tartıp tartımı defterinize not ediniz.
- Bakır ile kaplanacak metal parçasını iletken tel yardımı ile üretecin negatif (-) kutbuna bağlayınız.
- Şekildeki gibi bir düzenek oluşturduktan sonra üreteci çalıştırınız.
- Kaplama işlemi bittikten sonra bakır levhayı ve metal parçasını tekrar tartarak tartımları defterine not ediniz.
- Elektroliz süresini ve üreteçten uygulanan akımın değerini defterinize not ediniz.

Deneyi Değerlendirelim

- Beherglasa hidroklorik asit eklememizin nedeni ne olabilir?
- Bakır levhanın deney sonunda kütlesinde değişim meydana geldi mi? Bu durumun nedeni ne olabilir?
- Metalin deney sonunda kütlesinde değişim meydana geldi mi? Bu durumun nedeni ne olabilir?
- "Faraday Yasaları"nı kullanarak teorik olarak bakır levhada ve anahtarda meydana gelmesi gereken kütle değişimlerini hesaplayınız.
- Hesaplamalarınızla deney sonuçlarını karşılaştırınız. Farklılıklar varsa nedenlerini arkadaşlarınızla tartışınız.

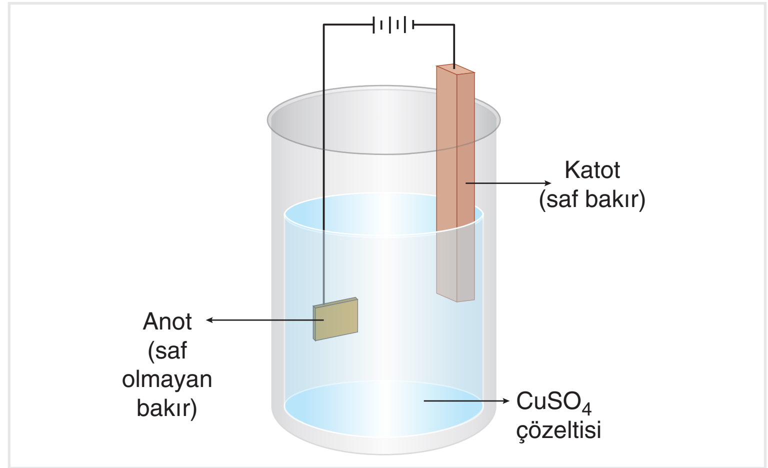
1.5.2. Elektroliz Örnekleri

Endüstride pek çok alanda elektroliz tepkimeleri kullanılmaktadır. Metallerin bileşiklerinden saf olarak elde edilmeleri ve kaplamacılık bunların başında yer alır.

Elektrolitik Bakır Eldesi

Endüstride geniş bir kullanım alanına sahip elektrolitik bakır, blister bakırın (altın, çinko, demir, gümüş, kükürt, selenyum ve tellür gibi safsızlıklar içeren bakır) elektroliz yöntemi ile saflaştırılması sonucu elde edilir. Elektrolitik bakırın %99,5'ten daha saf olması beklenir.

Elektrolitik bakır elde etmek için sülfürik asitten (H_2SO_4) ve bakır (II) sülfattan ($CuSO_4$) oluşan bir çözeltiye, anot olarak saf olmayan bir bakır külçe, katot olarak ise saf bir bakır levha daldırılır (Şekil 1.12). Daha sonra bir üreteç yardımıyla 0,15-0,30 voltluk düşük bir voltaj verilerek elektroliz işlemi gerçekleştirilir. Elektroliz işlemi sırasında anotta oluşan Cu^{2+} iyonları, çözelti yardımı ile katoda taşınır ve katotta Cu metaline indirgenir. Bu şekilde saf olmayan bakır külçesi saflaştırılır.



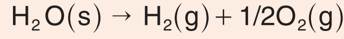
Şekil 1.12: *Elektrolitik bakır eldesi*

Elektroliz sırasında safsızlık içeren bakır örneğindeki aktif metaller de anotta yükseltgenerek iyonlarına dönüşür. Ancak bu iyonlar katotta indirgenemez. Altın ve gümüş gibi aktifliği az olan metaller ise anotta yükseltgenemez. Hücrenin dibinde sulu bir çamur hâlinde birikir. Bu sulu çamura **anot çamuru** da denir. Anot çamurundan bu metaller çeşitli yöntemlerle geri kazanılarak elektrolizin maliyeti düşürülür.

Sudan Hidrojen Gazı Eldesi

Geleceğin yakıtı olarak kabul edilen hidrojenin eldesinde en basit yöntem suyun elektrolizidir. Ancak suyun elektrolizi için gereken yüksek gerilim bu yöntemin maliyetini artırmaktadır. Maliyeti düşürmek için uygun elektrot ve çalışma ortamları araştırılmaktadır.

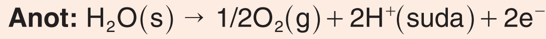
25 °C ve 1 atm'de suyun kendiliğinden bileşenlerine ayrılmayacağını 11. sınıfta öğrenmiştik. İstemsiz olan



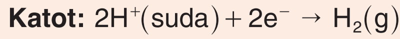
$$H_2O(s) \rightarrow H_2(g) + 1/2O_2(g)$$

tepkimesinin gerçekleşebilmesi için dışarıdan enerji verilmesi gerekir. Bu nedenle su, Hoffman voltametresi (Şekil 1.13) kullanılarak elektroliz edilir.

Hoffman voltametresinde elektrot olarak genellikle platin kullanılır. Saf suda 25 °C'ta $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$ olduğunu öğrenmiştik. İyon derişimi çok küçük olduğu için saf su, elektrik akımını az iletir. Dolayısı ile elektroliz işlemi de yavaş gerçekleşir. Elektrolizi hızlandırmak için saf suya potasyum hidroksit (KOH) ya da sülfürik asit (H_2SO_4) gibi elektrolitler eklenir. Elektroliz sırasında anotta ve katotta aşağıdaki tepkimeler gerçekleşir.

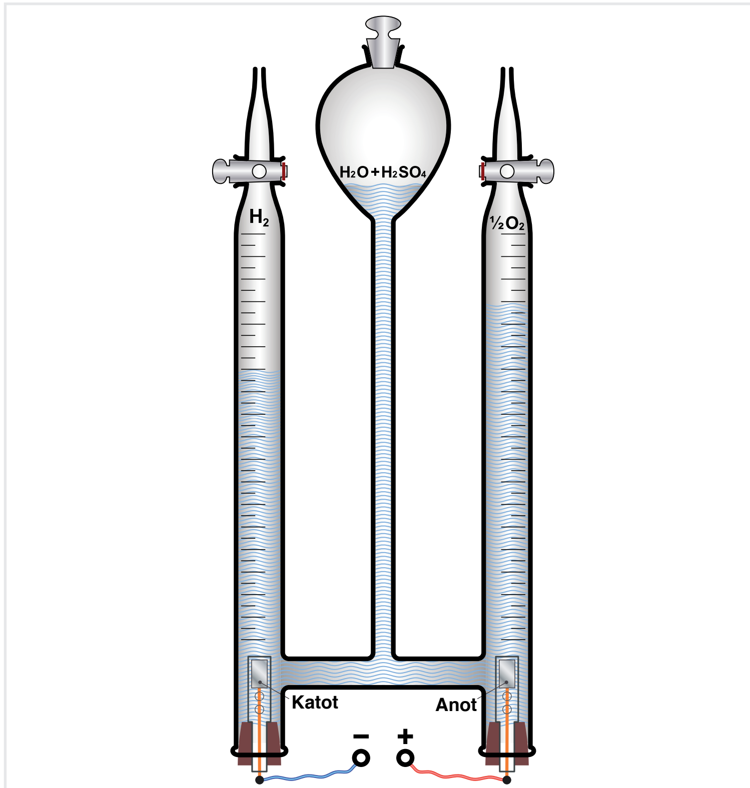


Anot: $H_2O(s) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-$



Katot: $2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

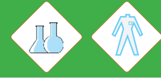
Su molekülünde 2 mol H atomu ve 1 mol O atomu olduğu için, katotta elde edilen H_2 gazının mol sayısı, anotta elde edilen O_2 gazının iki katıdır. Gazların mol sayıları ile hacimleri doğru orantılı olduğu için katotta toplanan H_2 gazının hacmi, anotta toplanan O_2 gazının hacmini iki katıdır. Şekil 1.13'te anot ve katotta toplanan gazlar ve hacimleri verilmiştir.



Şekil 1.13: *Suyun elektrolizinde kullanılan Hoffman voltametresi*



Etkinlik 1.5: Suyun Elektrolizi Deneyi

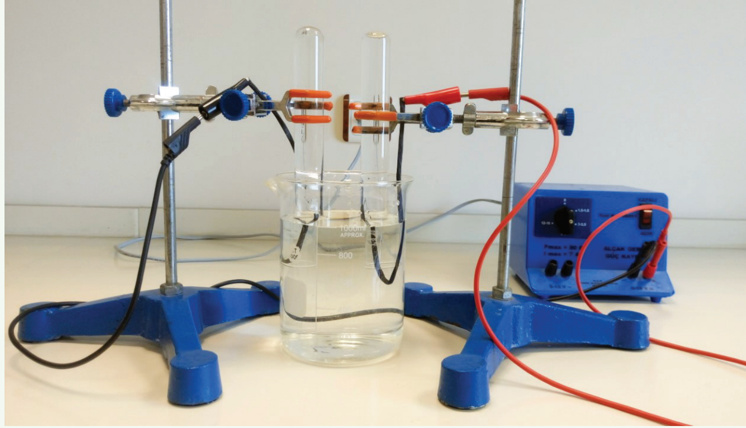


Deneyin Amacı: Elektroliz konusunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve suyu bileşenlerine ayırmak

Gerekli Malzemeler

- Beherglas
- Bunzen mesnedi (2 adet)
- Karbon elektrot (2 adet)
- Saf su
- Deney tüpü (2 adet)
- Güç kaynağı
- Fenolftalein
- Kıskaç (2 adet)
- Bağlantı kablosu (2 adet)

Deneyi Uygulayalım



- Beherglasa 250 mL saf su ekleyiniz.
- Deney tüplerine ağzına kadar su ekleyip üzerlerine birkaç damla fenolftalein ekleyiniz.
- Deney tüplerinin ağzını parmağınızla kapatarak tüpleri hiçbir hava boşluğu oluşmayacak şekilde beherglasın içine ters çevirerek yerleştiriniz.
- Deney tüplerini ayrı ayrı bunzen mesnedine bağlı kıskaçlarla tutturunuz.
- Karbon elektrotların birer ucuna bağlantı kablosunu bağlayınız.
- Deney tüplerinin içine karbon elektrotların boş uçlarını yerleştiriniz.
- Bağlantı kablosunun diğer uçlarını üretece bağlayınız.
- Güç kaynağının anahtarını çevirerek devreye elektrik akımı veriniz.
- Deney tüplerinde meydana gelen değişimleri gözlemleyiniz.

Deneyi Değerlendirelim

- Deney tüplerinde neler gözlemlediniz?
- Üretecin artı ve eksi kutbuna bağlı tüplerdeki değişimler aynı mıydı? Neden?
- Deney tüplerinde renk değişimi gözlendi mi? Bunun nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.
- Deney tüplerinde hangi gazların biriktiğini tepkimeleri yazarak belirtiniz.
- Devreden geçen akımla biriken gazların miktarları arasında bir ilişki olabilir mi? Arkadaşlarınızla tartışınız.
- Elektroliz süresi değiştirilirse toplanan madde miktarlarında değişim meydana gelebilir mi? Bunun nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.6.

1. Suda çözülerek hazırlanan KCl çözeltisinin elektrolizinde devreden, 0,5 faradaylık elektrik yükü geçmektedir. Buna göre

a) Anotta hangi maddeden kaç mol toplanır?

b) Katotta hangi maddeden kaç gram toplanır?

(Elektron verme eğilimi K $>$ H_2 $>$ Cl^- $>$ OH^- , K: 39 g/mol, H: 1 g/mol, Cl: 35,5 g/mol)

2. Erimiş AgBr'ün elektrolizinde katotta 10,8 gram madde toplandığı bilinmektedir. Buna göre

a) Devreden geçen elektrik yükü miktarı kaç coulombdur?

b) Anotta hangi maddeden, kaç mol toplanmıştır?

(Ag: 108 g/mol)

3. NaCl'ün sulu çözeltisinin elektrolizi ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "D", yanlış olanları "Y" harfi ile belirtiniz. (Elektron verme eğilimleri Na > H_2 > Cl^- > OH^-)

(...) **a)** Katotta ilk Na metali toplanır.

(...) **b)** Anotta ilk Cl_2 gazı açığa çıkar.

(...) **c)** Zamanla çözeltinin pH'si artar.

(...) **ç)** Katotta 1 mol madde toplandığında anotta 2 mol madde açığa çıkar.

(...) **d)** Çözeltinin iletkenliği zamanla azalır.

4. Seri bağlı elektroliz kaplarından birinde erimiş $AlCl_3$ diğerinde ise erimiş XCl_2 bulunmaktadır. Devreden belirli bir süre akım geçirildiğinde birinci kabın katotunda 2,7 gram Al metali toplanırken ikinci kabın katotunda 6 gram X metali toplanmaktadır. Buna göre

a) Devreden kaç faraday yük geçmiştir?

b) İkinci kabın katotunda kaç mol X metali toplanmıştır?

c) X metalinin atom kütlesini bulunuz?

(Al: 27 g/mol)





Görsel 1.13: *Demirin paslanması ve gümüşün kararması korozyondur.*



Görsel 1.14: *Meşrubat ve salçalar alüminyum kutularda satışa sunulmaktadır.*

1.6. KOROZYON

Korozyon, metallerin çevreleri ile yaptıkları kimyasal ve elektrokimyasal olaylar sonucu metalik özelliklerini kaybetmesi olarak tanımlanabilir. Evlerimizin balkon demirlerinde ya da metal sokak kapılarında gördüğümüz pas, gümüş eşyalarımızda meydana gelen kararma ve bakırdan ya da pirinçten yapılmış eşyalar üzerinde oluşan yeşil tabaka korozyona örnektir (Görsel 1.13).

Korozyon neden meydana gelir? Metallerin aktifliklerinin korozyonla ilgisi var mıdır?

Metaller doğada genellikle bileşikleri hâlinde bulunur. Bileşikleri hâlinde bulunan metal, düşük enerjili ve kararlı yapıdadır. Saf metaller, bileşiklerinden çeşitli yöntemlerle ve yüksek enerjiler harcanarak elde edilir. Ancak metaller aldığı bu yüksek enerjiyi geri vererek doğada bulunduğu kararlı hâllerine geri dönme eğilimindedir. Örneğin demir, doğada hematit ve manyetit gibi oksit mineralleri hâlinde bulunur. Bu bileşiklerdeki demir, kararlı hâldedir. Bu minerallerden metalürjik fırınlarda yüksek enerji harcanarak elde edilen demir metali ise kararsızdır. Bu nedenle demir metali, zamanla korozyona uğrayarak demir oksit minerallerine benzer yapıdaki pası oluşturur.

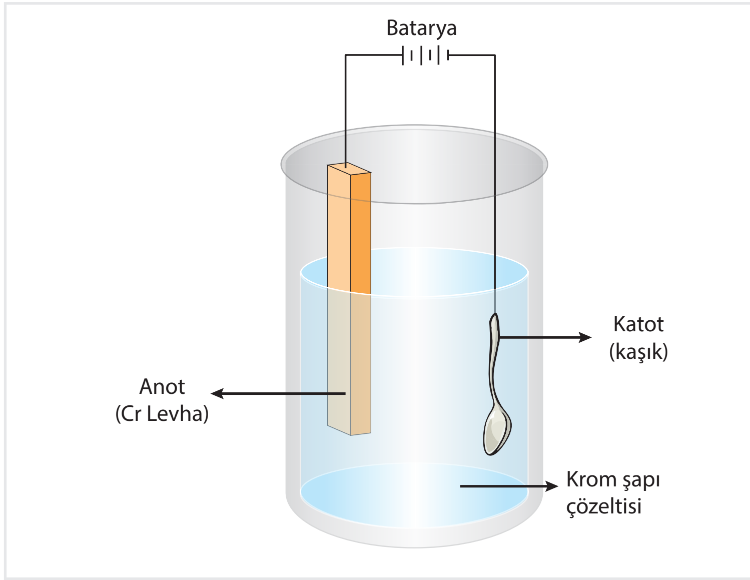
Metalik aktifliği, metallerin bileşik yapma kapasitesi olarak tanımlamıştık. Bir metal ne kadar kolay bileşiği hâline geçebiliyorsa o kadar aktiftir. Bu nedenle aktif metaller daha kolay korozyona uğrar.

Meyve suyu, gazlı içecek gibi meşrubatlar; salçalar, konserveler gibi pek çok gıda maddesi alüminyum kutularda satışa sunulmaktadır (Görsel 1.14). Bu kutularda niçin alüminyum metali kullanılmış olabilir? Alüminyum metali korozyona uğramaz mı?

Alüminyum metali de diğer metaller gibi korozyona uğrar. Ancak korozyon ürünü alttaki metale yapışarak metalin daha fazla korozyona uğramasını engeller. Bu nedenle alüminyum kutular doğada uzun yıllar bozunmadan kalabilir.

Korozyondan korunmak için neler yapılabilir?

Korozyondan korunmanın en basit yolu metali boyamaktır. Ancak metal yüzeyinin boya ile kapatılması geçici bir çözümdür. Metal, belirli aralıklarla tekrar boyanmalıdır.



***Şekil 1.14:** Elektroliz ile kaplama işlemi*

Metal yüzeyinin su geçirmeyen ve korozyondan etkilenmeyen bir koruyucu ile kaplanması daha etkili bir yöntemdir. Bu yöntemde metal yüzeyi bir başka metal ile kaplanır. Uçaklarda, gemilerde, uzay araçlarında, otomobillerde, süs eşyalarında pek çok aksam altın, gümüş, krom, nikel gibi metallerle kaplanmıştır. Metal kaplamacılığında elektroliz yöntemi sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Şekil 1.14). Bu yöntemde, kaplanacak metal katot, saf kaplama metali ise anottur. Elektrolit olarak kaplama metalinin tuzunun çözeltisi kullanılır. Örneğin evlerde kullanılan süs eşyalarının ya da çatal kaşık takımlarının bazıları altın ya da gümüş kaplama olabilmektedir. Bir kaşığın gümüşle kaplanması işleminde kaşık, katottur. Anotta saf gümüş metali kullanılır. Elektrolit olarak da genellikle potasyum gümüş siyanür $\left(K\left[Ag(CN)_2\right]\right)$ çözeltisi kullanılır. Anotta metalik gümüş yükseltgenerek Ag^+ iyonuna dönüşür ve çözeltiye geçer. Çözelti yardımı ile katota iletilen Ag^+ iyonları, katotta indirgenerek metalik hâle geçer ve katotta bulunan malzemenin yüzeyini kaplar.

Kaplamacılıkta altın, gümüş, krom, nikel gibi metallerin kullanılmasının nedeni, bu metallerin korozyon ürünlerinin metalin daha fazla korozyona uğramasını engellemesidir. Demirde meydana gelen korozyon sonucu oluşan pas ise gözenekli yapıya sahip olduğu için alttaki metalin dış ortamla bağlantısını kesemez. Bu nedenle alttaki metal sürekli korozyona uğrar.

Araştıralım 1.3.

Çevrenizde elektroliz işleminin uygulandığı herhangi bir fabrika varsa buraya gezi düzenleyerek yetkililerden konu ile ilgili bilgi alınız.



Bunları Biliyor muyuz? 1.8.

Dünya'da her yıl milyonlarca kilo magnezyum metali kurban elektrot olarak kullanılmaktadır.



Araştıralım 1.4.

Kurban elektrodun kullanıldığı elektroliz örnekleri bularak sunum hazırlayınız.



Görsel 1.15: *Gemilerde oluşan korozyonun önlenmesi için katodik koruma yöntemi uygulanmaktadır.*

Gemiler gibi su ile sürekli temasta bulunan demir ve çelik cisimleri korozyondan korumak için ise katodik koruma işlemi yapılır. Bu nedenle geminin metal yüzeyine bu metalden daha aktif magnezyum, çinko gibi metaller kalın şeritler halinde bağlanır. (Görsel 1.15). Katodik koruma yöntemi, metallerin korozyondan korunmasında kullanılan en etkili yöntemdir. Elektrokimyasal hücrelerde anotta yükseltgenme, katotta ise indirgenme gerçekleşir. Bu nedenle korozyon anotta gerçekleşir ve katotta hiçbir şekilde korozyon olmaz. Bu yöntemde anottaki korozyona uğraması istenmeyen metal, elektrolit içerisine başka bir etkin metal daldırılarak katot hâline getirilir. Etkin metal olarak genellikle magnezyum, alüminyum ya da çinko metalleri kullanılır. Demir ya da çelik cisimlere doğrudan ya da bir tel yardımı ile kalın bir parça etkin metalden bağlanır. Etkin metal anot olarak davranır ve yükseltgenir. Yükseltgenmesi sırasında açığa çıkan elektronları bu cisimler alarak katot gibi davranırlar ve indirgenme tepkimesine destek olur. Ortamdaki etkin metal tükenene kadar demir ya da çelik cisimler korunmuş olur. Bu yöntemde kullanılan etkin metaller **kurban elektrot** ya da **kurban anot** olarak adlandırılır.

Suyun içinde kalan metallerin korozyonunun önlenmesinde kurban elektrot kullanıldığı gibi çinko ile kaplama (galvanizleme) işlemlerinde ve toprak altında kalan metallerin korozyonunun önlenmesinde de kurban elektrot kullanılmaktadır.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 1.7.

Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "D" harfi ile, yanlış olanları "Y" harfi ile belirtiniz.

(....) **1.** Korozyon, metallerin çevreleri ile yaptığı kimyasal ve elektrokimyasal olaylar sonucu metalik özelliklerini kaybetmesidir.

(....) **2.** Aktif metaller korozyona uğramaz.

(....) **3.** Metal kaplamacılığında kaplanacak metal anot, saf kaplama metali ise katottur.

(....) **4.** Katodik koruma yöntemi metallerin korozyondan korunmasında kullanılan en etkili yöntemdir.



ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen cümlelerde noktalı yerleri uygun kelime ve kavramlarla tamamlayınız.

yükseltgen	Hoffman voltametresi	korozyon	standart hidrojen elektrot
tuz köprüsü	indirgenme	anot	elektrolitik bakır
Michael Faraday	Alessandro Volta	katodik koruma	elektroliz

1. Referans elektrot olarak yüksek tekrarlanabilirliğe sahip, kolay uygulanabilen ve tersinir olan .... yaygın olarak kullanılır.

2. Elektron kazanımına .... denir.

3. İndirgenen madde .... olarak da ifade edilir.

4. Manyetik etki ile ilgili çeşitli deneyleri .... gerçekleştirmiştir.

5. Kendiliğinden gerçekleşmesi mümkün olmayan bir kimyasal değişimin çözeltiden veya erimiş tuz içinden, kontrollü potansiyel altında elektrik akımı geçirilerek zorla meydana getirilmesi işlemine .... denir.

6. Yükseltgenmenin olduğu elektroda .... denir.

7. Su ile sürekli temasta bulunan demir ve çelik cisimleri korozyondan korumak için .... yöntemi kullanılır.

8. Elektrokimyasal pillerde anot ve katotdaki bozulan yük dengesini .... düzenler.

9. Su, ... kullanılarak elektroliz edilir.

10. Metallerin çevreleri ile yaptığı kimyasal ve elektrokimyasal olaylar sonucu metalik özelliklerini kaybetmesine .... denir.

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen redoks tepkimelerini yarı reaksiyon yöntemi ile denkleştiriniz.



a. $As_2S_3 + KNO_3 \rightarrow K_3AsO_4 + K_2SO_4 + N_2O_3 + KNO_2$



b. $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$



c. $KOH + Cl_2 \rightarrow KCl + KClO_3 + H_2O$

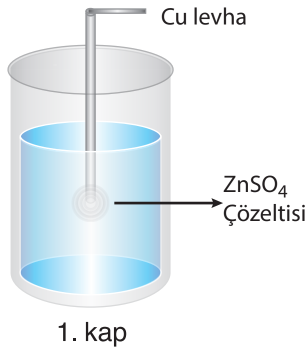


ç. $Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$

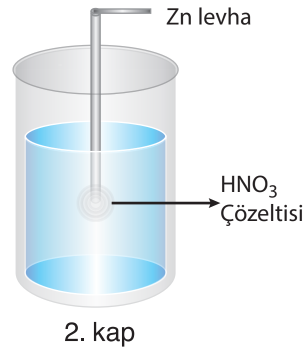
İndirgenme Yarı Reaksiyonu	Standart Elektrot Potansiyeli (V)
$Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$	0,799
$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$	0,337
$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$	0,000
$Pb^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Pb$	-0,126
$Zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Zn$	-0,763
$Mg^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Mg$	-2,863

2 ve 3. soruları cevaplarken tablodaki verileri kullanınız.

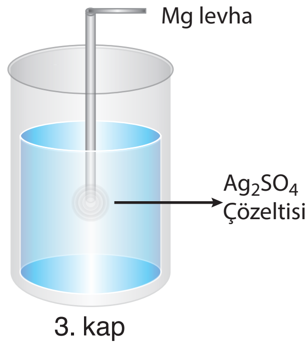
2. Aşağıda verilen kaplardan hangilerinde indirgenme-yükseltgenme reaksiyonu meydana gelebileceğini belirleyerek reaksiyonlarını yazınız.



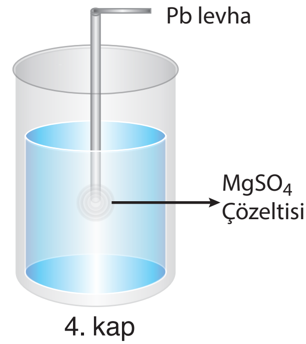
1. kap



2. kap



3. kap



4. kap

3. Hücre diyagramı $Mg(k) \mid Mg^{2+}(suda) \parallel H^{+}(suda) \mid H_2(g) \mid Pt(k)$ şeklinde olan pil ile ilgili

a. Anot ve katot elektrotları belirleyiniz.

b. Anot elektrotta zamanla meydana gelecek değişiklikleri nedenleri ile belirtiniz.

c. Katot elektrotta zamanla meydana gelecek değişiklikleri nedenleri ile belirtiniz.

ç. Tuz köprüsündeki anyon ve katyonların akış yönlerini nedenleri ile belirtiniz.

d. Pil potansiyelini hesaplayınız.

4. Aynı maddenin eşit derişimli örnekleri ile hazırlanmış bir derişim pilinin çalışmasını sağlamak için üç öneri sununuz.

5. Gümüş bir kolye ucunu altınla kaplamak için kullanılabilecek bir düzeneğin şemasını çiziniz. Bu işlemde anot elektrot, katot elektrot, elektrolit çözelti olarak hangi maddelerin kullanılabileceğini belirtiniz.

6. Korozyondan korunma yöntemlerinden üçünü açıklayınız.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz. İfadeler doğru ise "D" harfini işaretleyiniz, yanlış ise "Y" harfini işaretleyerek ifadenin doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

1. Lityum iyon pilleri şarj edilebilirdir.	(D) (Y)	
2. Korozyondan korunmanın en basit yolu, metali başka bir metal ile kaplamaktır.	(D) (Y)	
3. Galvanik hücrelerde elektrik akımı üretilirken pil potansiyeli zamanla sürekli artar.	(D) (Y)	
4. Aynı miktarda elektrik yükü geçirilen elektrolitik hücrelerin elektrotlarında toplanan madde miktarı, bu maddelerin eş değer kütleleri ile doğru orantılıdır.	(D) (Y)	
5. Bir hücrede elektron verme ve alma eğilimi arasındaki fark ne kadar büyükse hücre potansiyeli de o kadar büyüktür.	(D) (Y)	
6. Derişim pillerinde genellikle hücre potansiyelleri küçüktür.	(D) (Y)	

7. İstemli indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri sonucu elektrik enerjisi oluşur. (D) (Y)

8. Elektroliz kabında birden fazla iyon bulunduğunda anotta yükseltgenme eğilimi küçük olan, öncelikle yükseltgenir. (D) (Y)

9. Elektrokimyasal hücrelerden, kendiliğinden akım üretemeyenler elektrokimyasal piller olarak adlandırılır. (D) (Y)

10. Kaplamacılıkta kullanılan metallerin korozyon ürünleri, metalin daha fazla korozyona uğramasını engellemelidir. (D) (Y)

Ç. Aşağıda verilen tanımları ilgili kavramlarla eşleştiriniz.

Tanımlar

1. Bir reaksiyonda oksijen olmasa bile elektron verilmesi.

2. Yükseltgenme basamağı artan madde.

3. Kendiliğinden akım üretemeyen, dışarıdan aldığı elektriksel enerjiyi kimyasal enerjiye dönüştüren hücre.

4. Kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan enerjiden elektrik enerjisi üreten kimyasal hücre.

5. Bir eş değer gram madde açığa çıkaran elektrik miktarı.

6. Elektron alışverişi sonucu gerçekleşen tepkime.

7. İki standart elektrottan oluşan bir hücrenin potansiyel farkı.

8. Elementlerin bileşik yapabilme kabiliyeti.

9. İçinde derişik tuz çözeltisi içeren, uçlarında yarı geçirgen zar bulunan U şeklinde cam boru.

10. İndirgenmenin olduğu elektrot.

Kavramlar

Pil ( )	Katot ( )	Yükseltgen ( )	Standart hücre potansiyeli ( )	İndirgenme ( )
Aktiflik ( )	İndirgen ( )	Oksitlenme ( )	Elektrolitik hücre ( )	Elektrot ( )
Anot ( )	Tuz köprüsü ( )	1 faraday ( )	Redoks tepkimesi ( )	Galvanik hücre ( )

D. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. Aşağıdaki tepkimelerden hangisi redoks tepkimesidir?

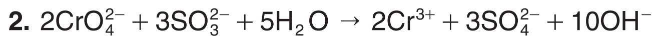
A) $CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$

B) $HCO_3^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CO_3^{2-}$

C) $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$

D) $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

E) $Cu_2S + 3O_2 \rightarrow Cu_2O + SO_2$

2. 

$2CrO_4^{2-} + 3SO_3^{2-} + 5H_2O \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 10OH^-$

tepkimesi ile ilgili

I. Cr, 6+'dan 3+'ya indirgenmiştir.

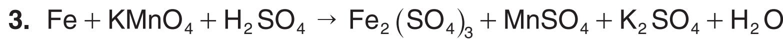
II. SO_3^{2-} indirgendir.

III. Elektron alışverişi ile gerçekleşmiştir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

D) I ve III E) I, II ve III

3. 

$Fe + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

tepkimesi ile ilgili

I. En küçük tam sayılarla denkleştirildiğinde H_2O'nun katsayısı 24 olur.

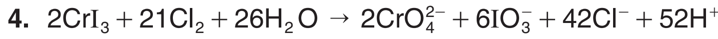
II. İndirgen madde Fe'dir.

III. $MnSO_4$ yükseltgenme ürünüdür.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II E) I ve III

4. 
$2CrI_3 + 21Cl_2 + 26H_2O \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 6IO_3^- + 42Cl^- + 52H^+$

Tepkimesi ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) CrI_3 te Cr'un değerliği 3+'dır.

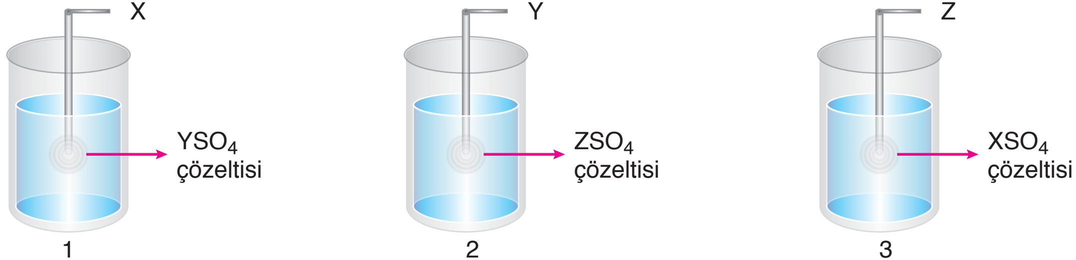
B) IO_3^- de I'un değerliği 1−'dir.

C) Cl_2 yükseltgendir.

D) CrI_3 bileşiğinde her iki atomda yükseltgenmiştir.

E) CrO_4^{2-} yükseltgenme ürünüdür.

5. Aşağıda verilen kaplardan sadece 2. kapta tepkime gerçekleştiği bilinmektedir.



Buna göre X,Y ve Z metallerinin aktifliklerinin sıralanması hangi seçenekte doğru verilmiştir?

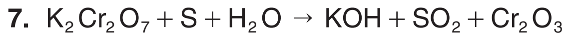
A) X > Y > Z B) X > Z > Y C) Y > X > Z

D) Y > Z > X E) Z > X > Y

6. 
$As + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_4As_2O_7 + NO$

tepkimesi en küçük tamsayılarla denkleştirildiğinde H_2O'nun katsayısı kaç olur?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

7. 
$K_2Cr_2O_7 + S + H_2O \rightarrow KOH + SO_2 + Cr_2O_3$

Yukarıda verilen tepkime ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) 1 mol S atomu 4 elektron almıştır.

B) İndirgenme ürünü Cr_2O_3 olur.

C) En küçük tam sayılarla denkleştirildiğinde H_2O bileşiğinin katsayısı 2 olur.

D) $K_2Cr_2O_7$ yükseltgen maddedir.

E) S atomu yükseltgenmiştir.

8. Hücre diyagramı $Fe(k) \,|\, Fe^{2+}(0,1M) \,\|\, Ni^{2+}(0,01M) \,|\, Ni(k)$ şeklinde verilen pille ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır? $E^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0,44\ V$, $E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0,25\ V$

A) Anotta $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ tepkimesi gerçekleşir.

B) Katotta $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$ tepkimesi gerçekleşir.

C) E_{pil} = 0,19 volttur.

D) Tuz köprüsündeki anyonlar Fe^{2+} iyonlarının bulunduğu kaba göç eder.

E) Pil çalışırken zamanla sıcaklık artar.

9. Aşağıdakilerden hangisi korozyondan korunma amacıyla uygulanmaz?

A) Paslı yüzeyi zımpara yapmak

B) Metal yüzeyi boyamak

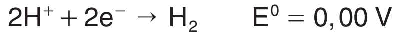
C) Metal yüzeyi başka bir metalle kaplamak

D) Metal yüzeyi su geçirmeyen ve korozyondan etkilenmeyen koruyucu ile kaplamak

E) Kurban elektrot kullanmak

10. 

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \qquad E^0 = 0,80\ V$

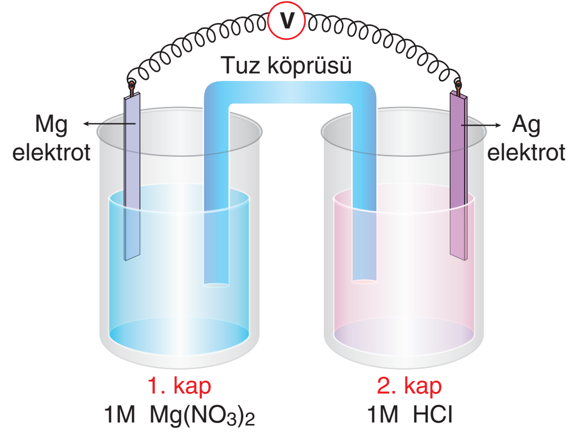


$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^0 = 0,00\ V$



$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg \qquad E^0 = -2,37\ V$

Yarı pil tepkimeleri veriliyor.



Buna göre şekildeki pille ilgili aşağıda verilen yargılardan hangisi yanlıştır?

A) 1. kap anot, 2. kap katottur.

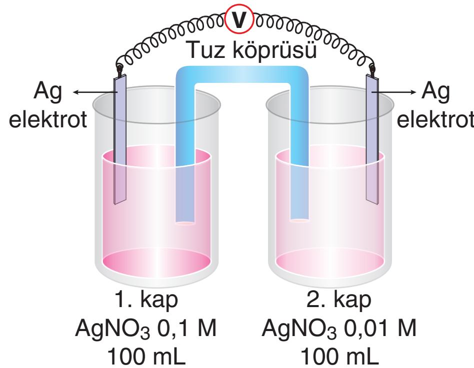
B) E^0_{pil} = 2,37 volttur.

C) Zamanla Mg çubuk aşınır.

D) Zamanla Ag elektrodun kütlesi artar.

E) 2. kapta H_2 gazı açığa çıkar.

11.





$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \qquad E^0 = 0,80\ V$

Yukarıda verilen pil ile ilgili verilen yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Derişim pilidir.

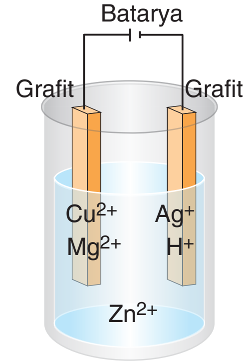
B) Elektronlar dış devrede 2. kaptan 1. kaba doğru akar.

C) 2. kaba su eklenirse pil gerilimi artar.

D) E^0_{pil} = 0,059 volttur.

E) Zamanla 1.kaptaki Ag çubuğun kütlesi azalır.

12. Yanda verilen elektroliz kabında Cu^{2+}, Ag^{+}, Mg^{2+}, H^{+} ve Zn^{2+} iyonlarını içeren bir çözelti bulunmaktadır.



Buna göre katotta ilk olarak hangi madde açığa çıkar?
(Elektron verme eğilimi: Mg > Zn > H_2 > Cu > Ag)

A) Cu B) Ag C) Mg
D) H_2 E) Zn

13. Erimiş $CaCl_2$ bileşiğinin elektrolizinde anotta normal koşullarda 2,24 Litre Cl_2 gazı açığa çıktığında katotta toplanan Ca metalinin kütlesi kaç gramdır? (Ca: 40 g/mol)

A) 2 B) 4 C) 6 D) 8 E) 10

14. Lityum iyon pilleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Cep telefonu, bilgisayar gibi taşınabilir elektronik cihazlarda kullanılır.

B) Şarj edilebilir pillerdir.

C) Anot elektrot, negatif elektrottur ve tabakalı yapıya sahiptir.

D) Katot elektrot olarak çok iyi kristallendirilmiş grafit kullanılır.

E) Pilde lityum iyonu pozitif ve negatif elektrotlar arasında hareket eder.

15. Erimiş $AlCl_3$'ün elektrolizinde devreden 9,65 amperlik akım 1000 saniye süre ile geçirildiğinde katotta kaç gram Al metali toplanır?

A) 0,9 B) 1,8 C) 2,7 D) 5,4 E) 8,1

16. Seri bağlı elektroliz kaplarından birinde erimiş NaCl diğerinde erimiş XCl_n bulunmaktadır. Devreden belirli bir süre elektrik akımı geçirildiğinde birinci kabın katodunda 4,6 gram madde toplanırken ikinci kabın katodunda 0,4 mol madde toplandığı belirlenmiştir.

Buna göre aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır? (Na: 23g/mol)

A) Birinci kabın katodunda 0,2 mol Na metali toplanmıştır.

B) İkinci kaptaki tuzun formülü XCl_4'dir.

C) Her iki kabın anotunda toplanan Cl_2 gazının mol sayısı eşittir.

D) Devreden 0,2 faradaylık yük geçmiştir.

E) İkinci kabın katotunda X metali toplanmıştır.



2. Ünite KARBON KİMYASINA GİRİŞ

İçerik

• Bu ünite ile anorganik ve organik bileşiklerin ayırt edilmesinin sağlanması, karbon elementinin bağ yapma özellikleri ile çok sayıda bileşik oluşturmasının nedenlerinin irdelenmesi ve moleküllerin geometrilerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.



Hazırlık Çalışmaları

1. Organik bileşik ne demektir? Organik bileşikler sadece canlı organizmalarca mı sentezlenir? Araştırınız.

2. Çok sayıda organik bileşik olmasının nedenleri neler olabilir?

3. Moleküllerin geometrileri nasıl belirlenir? Molekül geometrileri bize moleküllerle ilgili hangi bilgileri verir?



Görsel 2.1: *Periyodik sistemdeki karbon elementi*

GİRİŞ

Karbon elementi denildiğinde hemen hemen herkesin aklına C sembolü ile gösterilen, atom numarası 6, kütle numarası yaklaşık 12 olan element gelir (Görsel 2.1). Bütün bunların yanında karbon, milyonlarca bileşiğin temel yapı taşıdır. Bu nedenle kimyanın geniş çalışma alanına sahip bir dalı olan ve karbon kimyası da denilen organik kimya, karbon ve bileşiklerini incelemektedir.

Gündelik hayatta pek çok organik bileşikle karşılaşmaktayız (Görsel 2.2). Örneğin yakıt olarak kullandığımız kömür, petrol ya da doğal gaz; hastalandığımızda aldığımız ilaçlar, yemeklerimizi sakladığımız plastik kaplar, giysilerimiz, temizlik amaçlı kullanılan deterjanlar ve sabunlar gibi daha pek çok maddenin ana bileşeni karbondur.

Bu ünitede gündelik yaşantımızda büyük öneme sahip organik bileşikleri tanımaya çalışacağız.







Görsel 2.2: *Gündelik yaşantımızda karşılaştığımız organik bileşiklerden oluşmuş maddeler*

2.1. ANORGANİK VE ORGANİK BİLEŞİKLER

Bileşikleri organik ve anorganik olarak sınıflandırabiliriz. Hangi bileşiğin organik, hangisinin anorganik olduğunu nasıl anlayabiliriz? Etil alkol (C_2H_5OH), su (H_2O), sofra tuzu (NaCl), metan (CH_4) bileşiklerinin hangileri organiktir?

Bir bileşiğin formülünün bilinmesi ile bileşiğin organik olup olmadığının belirlenmesi çok kolaydır. Yapısında C bulunan bileşiklerin büyük bir çoğunluğu organiktir. Ancak yapısında C bulunmasına rağmen organik bileşik olmayan bazı istisnalar da vardır. Örneğin CO (karbon monoksit), CO_2 (karbon dioksit), CaC_2 (kalsiyum karbür) ve K_2CO_3 (potasyum karbonat) gibi bileşikler yapılarında karbon atomu içermelerine karşın anorganik bileşiklerdir.

Organik bileşikler çoğunlukla kovalent yapılıdır. Organik bileşiklerin yapısında C, H ve O elementlerinin yanında N, S, Cl, Br,

I, F ve P gibi elementler de bulunabilir. (CH_4, CH_3NH_2, CH_3Cl_2 ...) Sayıca çok fazla organik bileşik bulunmaktadır. Anorganik bileşikler ise çoğunlukla iyonik yapılıdır ve sayıca azdır. Asit, baz, tuz ve oksit sınıfı bileşikler anorganiktir. (HCl, NaOH, NaCl, CaO...)

Bileşiklerin fiziksel ya da kimyasal özelliklerinin bilinmesi, bileşiğin organik mi yoksa anorganik mi olduğu hakkında bilgi verebilir mi?

Organik bileşiklerin erime ve kaynama noktaları genellikle çok düşüktür. Anorganik bileşikler ise yüksek erime ve kaynama noktalarına sahiptir. Örneğin; organik bir bileşik olan metanın (CH_4) erime noktası -182 °C iken anorganik bir bileşik olan sodyum klorürün (NaCl) erime noktası +801 °C'dir.

Organik bileşikler suda genellikle çözünmezken anorganik bileşikler çözünür.

Organik bileşikler yanıcıdır. Anorganik bileşiklerin ise çoğu yanıcı değildir.

Organik bileşiklerin genellikle kendilerine has renkleri ve kokuları vardır. Anorganik bileşikler ise genellikle kokusuzdur.

Organik bileşiklerin tepkimeleri yavaş gerçekleşir ve çoğunlukla mekanizmalıdır. Anorganik bileşiklerin tepkimeleri ise hızlı gerçekleşir ve çoğunlukla tek basamaklıdır.

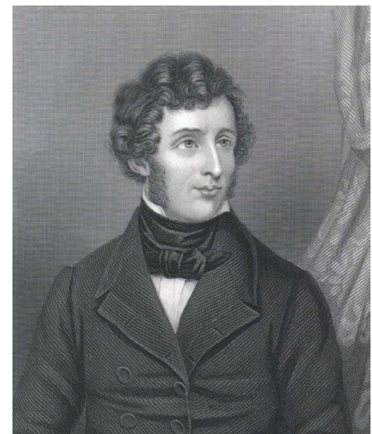
2.1.1. Organik Bileşik Kavramının Tarihsel Gelişimi

19. yüzyıl başlarında bilim insanları canlılardan üretilen bileşiklerin karmaşık yapılı olduğunu düşünüyorlardı. Bu nedenle bileşiklerin üretilebilmesi için "yaşam gücü" gerektiğini ve yapay olarak üretilmesinin mümkün olmadığını savundular. Bu bileşikleri ilk defa 1807 yılında İsveçli kimyacı Johann Jakob Berzelius (Yohan Yakob Berzelyus, Görsel 2.3) "organik" olarak adlandırdı.

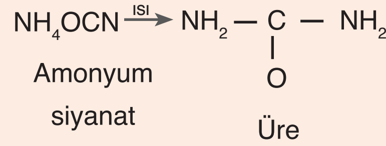
1828 yılında Berzelius'un öğrencisi Alman Kimyacı Friedrich Wöhler'in (Frederik Vöhler, Görsel 2.4) kazara üre sentezlemesi ile vitalizm olarak da adlandırılan yaşam gücü olmadan organik madde üretilemeyeceği görüşü çürütüldü. Üre, idrarda çok bulunan bir maddedir. Wöhler, üreyi anorganik bir madde olan amonyum siyanatı ısıtarak elde etmiştir. Wöhler'in üreyi sentezlemesi ile anorganik maddelerden organik maddelerin sentezlenebileceği ispatlandı. Organik kimya için dönüm noktası kabul edilen bu buluş sonrasında, organik maddelerin laboratuvarda sentezlenme çalışmalarına hız verildi.



Görsel 2.3: *Johann Jakob Berzelius (1779-1848), organik kelimesini ilk kullanan bilim insanıdır.*



Görsel 2.4: *Friedrich Wöhler (1800-1882), üreyi laboratuvarda sentezleyen ilk bilim insanıdır.*



1858 yılında Friedrich August Kekule (Frederik Ogüst Kekula, Görsel 2.5) ve Archibald Scott Couper (Arşibal Sıkat Kupır, Görsel 2.6) birbirinden bağımsız olarak yaptıkları çalışmalarla "organik bileşiklerin yapısal teorisini" geliştirdiler. Couper, atomların yapı içerisinde yerleşimlerini göstermek için bağ çizgisi kullanılması düşüncesini ortaya attı. Ancak ömrü yetmediği için bu düşüncesini geliştiremedi. Kekule, yaptığı çalışmalarla atomların değerlikleri kadar bağ yapabileceğini belirti. Örneğin 4 değerlik alan karbon atomlarının 4 bağ yapabilme özelliğini açıkladı. Ayrıca karbon atomlarının birbirine bağlanarak bir karbon iskeleti oluşturacağını ve yapılabilecek uygun deneylerde bu yapının isteğe bağlı olarak ayarlanabileceğini iddia etti. Tüm bu çalışmalar organik maddelerin laboratuvarda sentezlenme çalışmalarının hız kazanmasını sağladı. Asetilsalisilik asidin (aspirin) sentezlenmesi ile ilaç sanayisi doğdu. Günümüzde de organik bileşikler üzerine yapılan çalışmalar tüm hızı ile devam etmektedir.



Görsel 2.5: *Friedrich August Kekule (1829-1896), organik bileşiklerin yapısal teorisini oluşturan bilim insanıdır.*



Görsel 2.6: *Archibald Scott Couper (1831-1892), atomların yapı içerisindeki yerleşimlerini bağ çizgisi ile gösteren ilk bilim insanıdır.*

Öğrendiklerimizi Uygulayalım 2.1.

Aşağıda verilen özelliklerden organik ya da anorganik bileşikler için doğru olanları uygun kutucuğa "+" işareti koyarak belirleyiniz.

Özellik	Organik Bileşik	Anorganik Bileşik
Sayıca çok fazladır.		
Genellikle suda çözünür.		
Kendilerine has renk ve kokuları vardır.		
Çoğunlukla kovalent yapılıdır.		

2.2. BASİT FORMÜL VE MOLEKÜL FORMÜLÜ

Organik bileşikler molekül yapılı bileşiklerdir. Bileşik formülleri; basit (kaba) formül, molekül formülü ve yapı formülü olmak üzere üç ayrı şekilde gösterilebilmektedir. Bu bölümde basit formül ve molekül formülü üzerinde duracağız.

Basit (kaba) formül, bileşiği oluşturan atomların en küçük tam sayılarla gösterildiği formüldür. Bir bileşiğin basit formülünden sadece hangi atomlardan oluştuğu ve atomların oranı belirlenebilir. Farklı bileşikler aynı basit formüle sahip olabilir. Örneğin kan şekeri olarak bilinen glikozun ($C_6H_{12}O_6$) ve sirke asidi olarak bilinen asetik asidin($C_2H_4O_2$) kaba formülü CH_2O olur.

Molekül formülü, bileşiklerin gerçek formülüdür. Bileşiği oluşturan atomların gerçek sayıları bu formüllerde gösterilir. Bileşiklerin molekül formülleri, basit formüllerin tam sayı katlarıdır. Bazı bileşiklerde molekül formülü ile basit formüllü aynı olabilir. Örneğin metanın basit formülü de molekül formülü de CH_4 olur.

Dikkat 2.1.

Basit formül, molekül formülünün en küçük tam sayılarla gösterilmiş hâlidir.

Tablo 2.1: *Bazı organik bileşiklerin molekül ve basit formülleri*

Bileşiğin Adı	Molekül Formülü	Basit Formülü
Pentan	C_5H_{12}	C_5H_{12}
Etilen	C_2H_4	CH_2
Asetilen	C_2H_2	CH
Formaldehit	CH_2O	CH_2O
Benzen	C_6H_6	CH

Tablo 2.1'de de görüldüğü gibi bileşiklerin basit formülleri molekül formüllerinin en sade hâlidir. Eğer bir bileşiğin molekül kütlesi biliniyorsa basit formülünden yararlanılarak molekül formülü belirlenebilir.

ÖRNEK 2.1.

Basit formülü CH_2 olan bir bileşiğin molekül kütlesi 56 gramdır. Buna göre bileşiğin molekül formülünü bulalım. (C = 12, H = 1)

ÇÖZÜM 2.1.

Basit formül n gibi bir tam sayı ile genişletilirse molekül formülü bulunur.
$(CH_2) \cdot n = 56$ gramdır.
$(12 + 1 \cdot 2) \cdot n = 56$
$14n = 56$
$n = 4$ tür.
Basit formül 4 ile genişletildiğinde bileşiğin molekül formülü C_4H_8 olarak bulunur.

ÖRNEK 2.2.

C ve H atomlarından oluşan organik bir bileşiğin 0,1 molü yakıldığında 26,4 gram CO_2 ve 9,0 gram H_2O oluştuğu bilinmektedir. Buna göre

a) Bileşiğin molekül formülünü bulalım.

b) Bileşiğin basit formülünü bulalım. (C=12, H=1)

ÇÖZÜM 2.2.

a) Öncelikle oluşan ürünlerin mol sayılarını bulalım.

$$n_{CO_2} = \frac{m}{M_A} = \frac{26,4}{44} = 0,6 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_A} = \frac{9,0}{18} = 0,5 \text{ mol}$$

0,1 mol bileşik yandığında 0,6 mol CO_2 oluşuyorsa

1 mol bileşik yandığında x mol CO_2 oluşur.

---

x = 6 mol bulunur.

0,1 mol bileşik yandığında 0,5 mol H_2O oluşuyorsa

1 mol bileşik yandığında x mol H_2O oluşur.

---

x = 5 mol bulunur.

6 mol CO_2 6 mol C atomu, 5 mol H_2O ise 10 mol H atomu içerir. Bu nedenle bileşiğimizin yapısında 6 mol C ve 10 mol H bulunur yani bileşiğin molekül formülü C_6H_{10}'dur.

b) Basit formülde bileşiği oluşturan atomların en sade hâlleri gösterilmelidir. Bu nedenle atom sayıları 2 ile sadeleştirilerek bileşiğimizin basit formülü

$C_{\frac{6}{2}}H_{\frac{10}{2}} = C_3H_5$ olarak bulunur.

ÖRNEK 2.3.

C, H ve O elementlerinden oluşan organik bir bileşiğin analizi sonucunda bileşikte kütlece %54,54 C, %9,09 H bulunduğu tespit edilmiştir. Buna göre bileşiğin basit formülünü bulalım? (C = 12, H = 1, O = 16)

ÇÖZÜM 2.3.

Öncelikle bileşikteki oksijen elementinin yüzdesini bulalım.

$m_C + m_H + m_O = 100$

$54,54 + 9,09 + m_O = 100$

$63,63 + m_O = 100$

$m_O = 36,37$ bulunur.

Bileşiği oluşturan elementlerin kütlece yüzde miktarları, elementlerin kütlesi olarak kabul edilir. Buradan yola çıkarak her bir elementin mol sayısını, kütlesini atom kütlesine bölerek hesaplayalım.

$$n_C = \frac{54,54}{12} \cong 4,54 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{9,09}{1} = 9,09 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{36,37}{16} \cong 2,27 \text{ mol}$$

Bileşikteki elementlerin mol sayılarını en küçük tam sayıya çevirmek gereklidir. Bunun için bileşikteki elementlerin bulunan mol sayıları, bulunan en küçük mol sayısına bölünür.

$$n_C = \frac{4,54}{2,27} = 2$$

$$n_H = \frac{9,09}{2,27} \cong 4$$

$$n_O = \frac{2,27}{2,27} = 1$$

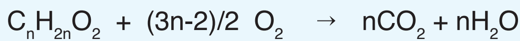
Bulunan değerler bileşik formülünde yerine yazılarak bileşiğin basit formülü C_2H_4O olarak bulunur.

ÖRNEK 2.4.

Genel formülü $C_nH_{2n}O_2$ olan bir organik bileşiğin 6 gramı yeterli miktarda O_2 gazı ile yakıldığında 8,8 gram CO_2 gazı oluştuğu bilinmektedir. Buna göre bileşiğin molekül formülünü bulalım.

ÇÖZÜM 2.4.

Öncelikle genel formülü verilen bileşiğin yanma tepkimesini yazarak denkleştirelim. Yapısında C ve H içeren bileşiklerin yanma ürünü CO_2 ve H_2O'dur.



$$C_nH_{2n}O_2 + (3n-2)/2\ O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O$$

Oluşan CO_2 gazının mol sayısını kütlesini atom kütlesine bölerek hesaplayalım.

$$n_{CO_2} = \frac{8,8}{44} = 0,2 \text{ mol}$$

Tepkime denklemine bakıldığında 1 mol bileşik yandığında n mol CO_2 oluşmaktadır.

1 mol $C_nH_{2n}O_2$ = 12 · n + 1.2n + 16.2 = 14n + 32 gramdır.

14n + 32 gram bileşik yandığında n mol CO_2

6 gram bileşik yandığında 0,2 mol CO_2 oluşur.

$$0,2 \cdot (14n + 32) = 6 \cdot n$$

$$2,8 \cdot n + 6,4 = 6 \cdot n$$

$$3,2 \cdot n = 6,4$$

n = 2 bulunur.

Bileşik formülünde n değeri yerine yazılarak bileşiğin molekül formülü $C_2H_4O_2$ olarak bulunur.

ÖRNEK 2.5.

Genel formülü C_nH_{2n+2} olan bir bileşiğin analizi yapıldığına molce % 25 C atomu içerdiği tespit edilmiştir. Buna göre bileşiğin molekül formülünü bulalım.

ÇÖZÜM 2.5.

Bileşikteki atomların mol sayısına bakıldığında 1 mol bileşik, n mol C atomu ve 2n + 2 mol H atomu içermektedir. Bileşikteki toplam atom mol sayısı 3n + 2'dir. Toplam atom mol sayısını 100 kabul ettiğimizde 25 mol C içerdiği bilinmektedir. Buradan yola çıkarak oran orantı ile

3n + 2 molde n mol C atomu

100 molde 25 mol C atomu

$$(3n + 2) \cdot 25 = 100.n$$

$$75n + 50 = 100n$$

$$25n = 50$$

n = 2 bulunur.

Bileşiğin genel formülüne bulunan n değeri yazıldığında bileşiğin molekül formülü C_2H_6 olarak bulunur.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 2.2.

1. Molekül kütlesi 60 olan bir bileşiğin basit formülü CH_2O olarak biliniyor. Buna göre bileşiğin molekül formülünü bulunuz. (O = 16, C = 12, H = 1)

2. C, H ve O den oluşan bir bileşiğin 18,8 gramının 14,4 gram C ve 3,2 gram O içerdiği biliniyor. Buna göre bileşiğin basit formülünü bulunuz. (O = 16, C = 12, H = 1)

2.3. DOĞADA KARBON

Organik bileşiklerin temel yapı taşının karbon olduğunu, tüm organik bileşiklerin yapısında karbon atomunun bulunması gerektiğini öğrendik. Peki, karbon atomunun hangi özellikleri milyonlarca bileşiğin oluşumunu mümkün kılmış olabilir?

Periyodik sistemde 2. periyot 4A grubunda yer alan C atomunun, atom numarası 6'dır. Elektron dizilişi $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ şeklindedir. Karbon atomu, elektron dizilişinden de anlaşılacağı üzere dört tane değerlik elektronuna sahiptir. Bu değerlik elektronlarını yalnızca farklı atomlarla değil diğer karbon atomları ile de ortaklaşa kullanarak kuvvetli kovalent bağlar yapma özelliğine sahiptir. Bu özelliği, karbonun çok sayıda bileşik oluşturmasını sağlar.

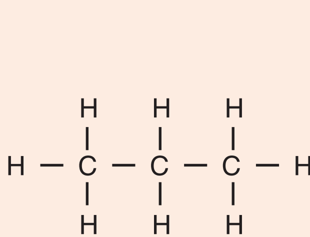
Karbon atomları kendi aralarında ve farklı atomlarla tekli (C–C), ikili $(C = C)$ ya da üçlü bağlar $(C \equiv C)$ yapabilir. Bazı atomların oluşturduğu bağların enerjileri Tablo 2.2'de verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında karbon atomunun bağ enerjisinin periyodik sistemde kendisine yakın olan diğer elementlerinkinden daha büyük olduğu görülmektedir. Bağ enerjisinin büyük olması bağın kararlılığını göstermektedir. Karbon atomunun kendi içinde yaptığı tekli, ikili ve üçlü bağlara baktığımızda ise üçlü bağın enerjisinin daha büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle karbon-karbon üçlü bağı $(C \equiv C)$ çok kararlıdır. Bu bağı kırmak için gereken enerji de diğerlerinden fazladır.

Karbon atomunun dört değerlik elektronunun bulunması ve oluşturduğu bağların daha kararlı olması, çok sayıda bileşik oluşturmasının nedenleri arasında sayılabilir.

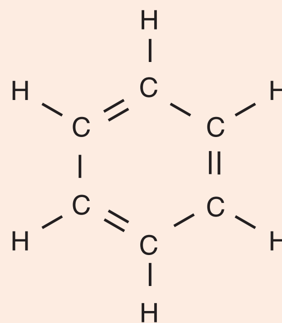
Sonsuz sayıda karbon atomu birbirine bağlanarak kararlı yapıda düz zincirli, halkalı ya da dallanmış yapıda bileşikler oluşturabilmektedir.

Tablo 2.2: *Bazı bağlar ve enerjileri*

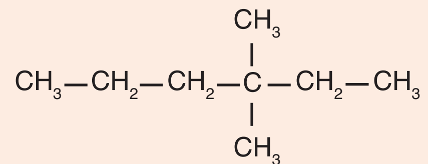
Bağ	Bağ Enerjisi (kj/mol)
N – N	163
P – P	201
Si– Si	222
N – O	222
C – C	347
C – O	360
H – N	389
H – C	414
C = C	611
C ≡ C	837



Düz zincirli yapı



Halkalı yapı



Dallanmış yapı

Karbon atomunun allotroplarında da karbonun farklı dizilişleri görülmektedir.



Görsel 2.7: Bilinen en sert doğal madde elmas

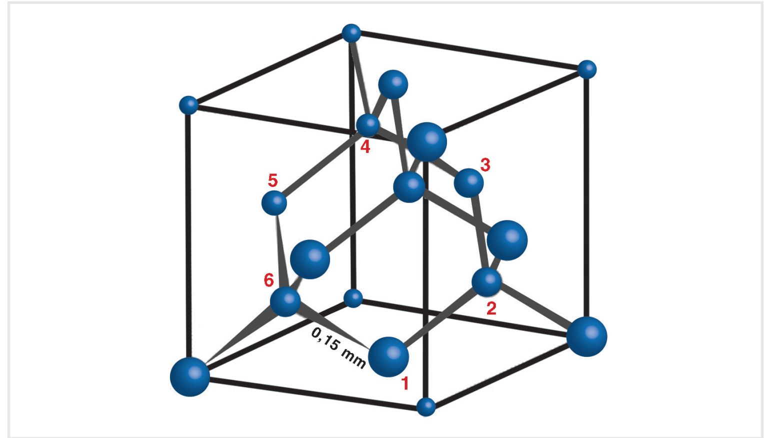
2.3.1. Karbonun Allotropları

Bir elementin atomlarının farklı sayı ve dizilişte bir araya gelerek oluşturduğu yapılara **allotrop** denir. Karbon atomunun elmas, grafit ve fullerenler olmak üzere üç allotropu vardır. Karbon atomlarının birbirine farklı şekilde bağlanması sonucu allotropları oluşur.

Doğada elmas (Görsel 2.7) kimberlit denilen kayalarda bulunur. Bu kayalar, yer altı derinliklerindedir. Doğal elmas kaynakları azdır. Yapay elmasın elde edilebilmesi için doğal elmas üreten jeolojik şartların sağlanması gerekir. Bu nedenle yapay elmas, grafite çok yüksek sıcaklık ve basınç uygulanarak ya da metanın termal parçalanması sonucu elde edilir.

Araştıralım 2.1.

Karbonun allotroplarının kullanım alanları ile ilgili sunum hazırlayınız. Öğretmeninizle belirlediğiniz bir derste sunumu arkadaşlarınızla paylaşınız.



Şekil 2.1: Elmasın kristal yapısından bir kesit

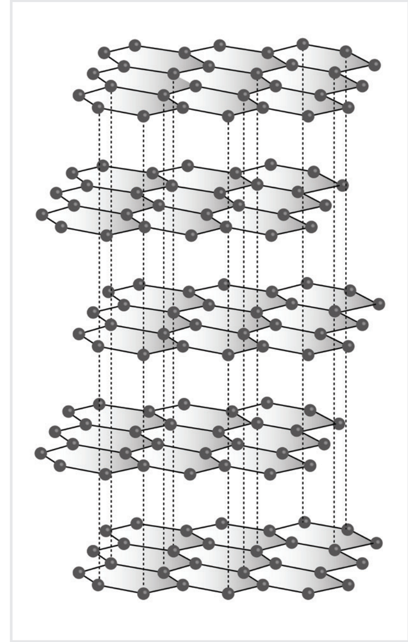
Elmasın en belirgin özelliği sertliğidir. Elmas, bilinen en sert doğal maddedir. Sertliğinin nedeni karbon atomlarının birbirine bağlanma şeklidir. Elmasta karbon atomları, birbirine Şekil 2.1'de gösterildiği gibi bağlanmaktadır. Her bir karbon atomu dört farklı karbon atomuna tekli bağlar ile bağlıdır. 4. atom merkez olmak üzere 1, 2, 3 ve 5 numaralı karbon atomları bir düzgün dört yüzlünün köşelerini oluşturur. Karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır. Kristal şemasına belirli bir açıdan bakıldığında bir altıgenin de varlığı görülmektedir. Çok sert olan elmasın erime ve kaynama noktası da çok yüksektir. Elektrik akımını iletmeyen elmasın ısı iletkenliği, bakırın beş katı kadardır. Çok sert olması ve ısıyı iyi iletmesi nedeniyle elmas ideal bir aşındırıcıdır. Bilinen tüm maddeleri çizebilir ve sürtünme sırasında oluşan ısıyı ortamdan hızla uzaklaştırabilir. Cam ve fayans gibi maddelerin kesilmesinde elmas kullanılmaktadır. Ayrıca elmas, ziynet eşyası olarak da kullanılan çok değerli bir maddedir (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: Ziynet eşyası olarak elmas kullanılmaktadır.

Grafitte (Görsel 2.9) karbon atomlarının birbirine bağlanması elmastan çok farklıdır. Bu bağlanma grafitin kendine has özelliklerinin belirlenmesine neden olmaktadır.

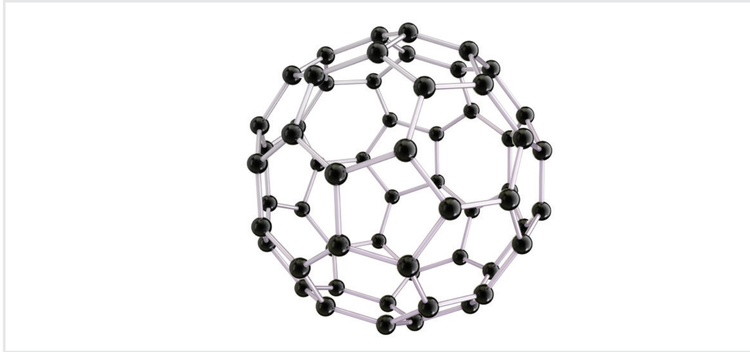
Şekil 2.2'de gösterildiği gibi grafitte her bir karbon atomu, kendisi ile aynı düzlemdeki karbon atomu ile bağlıdır. Bu bağlanmalar altıgen yapısında (hegzagonal) karbon tabakaları oluşturur. Tabaka içi bağlar kuvvetli, tabakalar arasındaki bağlar ise zayıftır. Tabaka içi bağlar sp^2 hibritleşmesi yapmış karbon atomları arasında oluşurken tabakalar arası bağlar hibritleşmeye katılmamış p orbitallerinin üst üste binmesinden oluşmuştur. p elektronları delokalizedir yani iki karbon atomu arasında bağımsız olarak hareket edebilir. Elektronların bağımsız hareketinden dolayı grafit, parlak ve iletken bir katıdır. Elektrik iletkenliğinden dolayı pek çok pil sisteminde elektrot olarak kullanılmaktadır. Karbonun yapay allotroplarının oluşturulmasında da grafit kullanılmaktadır. Tabakalar arasındaki bağların zayıf olması, yabancı tanecikler eklendiğinde bu tabakaların birbiri ardınca hareket etmesini sağlar. Bu nedenle grafit, yağlayıcı madde olarak kullanılır. Grafit üzerine hafifçe bastırılması ile tabakaların hareketi sağlanır. Kurşun kalemle kâğıt üzerinde yazı oluşması bu şekilde gerçekleşir. Kurşun kalemin içindeki siyah yazı yazmayı sağlayan kısım grafitin içine kil katılarak sertleştirilmesi ile oluşturulur.



Şekil 2.2: *Grafitte karbon atomlarının dizilişi*



Görsel 2.9: *Siyah, parlak ve elektriği ileten grafit*



Şekil 2.3: *Futbol topu şeklindeki fulleren molekülü*

1985 yılında futbol topu şeklinde karbon molekülleri tespit edildi. **Fulleren** (Şekil 2.3) olarak adlandırılan bu moleküller, grafitin lazerle buharlaştırılması sonucu oluşan karbon buharlarının yoğunlaştırılması ile elde edilmiştir. Üretilen fullerenlerin çoğu C_{60} moleküllerine sahiptir. 60 karbon içeren bu molekülü açıklamak için ikozahedron yapısı önerildi. Bu yapı, 60 karbonun köşelerini oluşturduğu 12 beşgen ve 20 altıgen yüzden oluşmaktadır. Şekli bir futbol topuna ve aynı zamanda Amerikan mimarisindeki jeodezik kubbelere (Görsel 2.10) benzemekteydi. Bu nedenle



Görsel 2.10: *Amerika'daki jeodezik kubbeler*

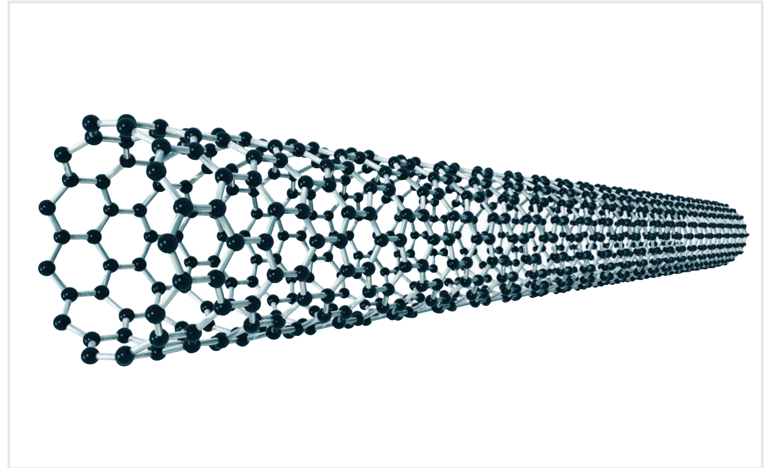


Bunları Biliyor muyuz? 2.1.

1996 yılında Nobel Kimya Ödülü buckminsterfullerenin bulunmasına yönelik çalışmalara verilmiştir.

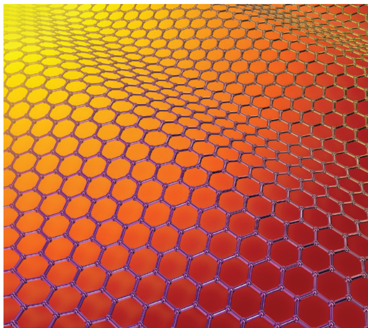
jeodezik kubbelerin mimarı Buckminister Fuller'dan (Bakmenistır Fulır) esinlenerek "**buckminsterfulleren (bakmenistırfullaren)**" olarak adlandırılmıştır. Daha sonra basitçe **fullerenler**, konuşma dilinde ise **bucky (bakiy) topu** adı verildi. Ağ örgülü yapıya sahip elmas ve grafit sıvı çözücülerde çözünmezken moleküler yapıya sahip fullerenler uygun çözücülerde çözünmektedir.

1985'ten bu yana C_{70}, C_{74}, C_{82} formüllerine sahip çok sayıda fulleren keşfedildi. Fullerenler üzerinde yapılan çalışmalar nanotüpler denilen karbon allotroplarının keşfini sağladı. Nanotüpler (Şekil 2.4), grafen tabakası denilen altıgen karbon halkalarından oluşmuş iki boyutlu tabakaların tıpkı bir kâğıt gibi kıvrılarak silindir şekline getirilmiş hâlidir.



***Şekil 2.4:** Grafen tabakasının kıvrılması ile oluşan nanotüp*

Nanotüplerin uzunluğu çaplarının 100 milyon katıdır. Çapları ise sadece birkaç nanometredir. Nanotüpler güçlü ve iletken lifler oluşturabilmektedir. Ayrıca bu yapıların içine metal atomları yerleştirilerek nanometrik çapa sahip teller geliştirilebilmektedir. Nanotüpler, özellikle televizyon, telefon ve bilgisayar ekranlarında, güneş pillerinde, yüksek çözünürlüklü mikroskoplarda kullanılmaktadır. Nanoteknolojide birçok kullanım alanına sahip nanotüpler ile ilgili çalışmalar günümüzde de devam etmektedir.



***Görsel 2.11:** Grafende karbon atomlarının bağlanışı*

Nanotüplerin temel yapı taşı olan grafen, "mucize materyal" olarak da bilinir. Grafende karbon atomları kovalent bağ ile altılı bal peteği örgüsündedir. Grafen, (Görsel 2.11) üst üste dizilen altıgen katmanlardan oluşan grafitin tek katmanının ayrılması

sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle grafen, tek atom inceliğindedir ve iki boyutlu kabul edilmektedir.

Grafen, üstün özelliklere sahip bir nanomateryal olarak tanınmaktadır. Oldukça yüksek iletkenliğe sahip, esnek yapılı, çok dayanıklı ve şeffaf bir materyaldir. Sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle birçok kullanım alanı vardır. Örneğin, bükülebilir ekranlarda grafen kullanılmaktadır.

Günümüzde nanoteknolojinin gelişi ile birlikte grafenin kullanım alanlarının da artması beklenmektedir. Karbon bazlı oluşu, esnek ve iletken yapısı, özellikle elektrokimya alanında grafenin kullanım alanını artırmaktadır. Son yıllarda tıp alanında yapılan çalışmalarda da grafen kullanılmaktadır. Nanotüpler ve grafen kimyasal etkinliği az olan maddelerdir. Bu nedenle insan vücuduna zarar vermeden ilaçların vücudun istenilen dokusuna taşınmasında kullanımı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Gelecekte medikal uygulamalar, tekstil sanayi gibi birçok dalda kullanımının artması beklenmektedir.

Teknoloji, insanın maddi çevresini denetlemek ve değiştirmek amacıyla geliştirdiği araç gereçlerle bunlara ilişkin bilgilerin tümü olarak tanımlanır. Teknolojik çalışmalar sürekli artarak devam etmektedir. Gelişen teknoloji, ülkelerin kalkınmalarında büyük role sahiptir. İlerleyen teknolojik gelişmelerde geri kalmamak, ülkemiz ve bizlerin geleceği için çok önemlidir. Bu nedenle dünya genelindeki teknolojik çalışmaları yakından takip etmeli ve yeni teknolojiler geliştirmeliyiz.



Bunları Biliyor muyuz? 2.2.

2010 yılı Nobel Fizik Ödülü grafen hakkındaki "çığır açan deneyleri" dolayısıyla Hollandalı Andre Geim ve Rus kökenli İngiliz vatandaşı Konstantin Novoselov'a verilmiştir.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 2.3.

Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları "D", yanlış olanları "Y" harfi ile belirtiniz.

(...) **1.** Karbon atomunun dört değerlik elektronunun bulunması, çok sayıda bileşik oluşturabilmesini sağlamaktadır.

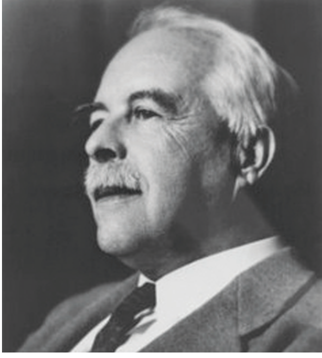
(...) **2.** Grafitte karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

(...) **3.** Fullerenler uygun çözücülerde çözünebilir.

(...) **4.** Elmas, elektrik akımını iletir.

(...) **5.** Nanotüpler makro moleküllerdir.

(...) **6.** Grafen, tek atom inceliğindedir.



Görsel 2.12: 20. yüzyılın en iyi kimyacılarından biri kabul edilen Gilbert Newton Lewis'in (1875–1946) kimyasal bağlar ve kimyasal termodinamik konularında önemli çalışmaları vardır.



Bunları Biliyor muyuz? 2.3.

Kovalent terimi Irving Langmuir tarafından önerilmiştir.



Bunları Biliyor muyuz? 2.4.

Bir atom, bağlayıcı elektron sayısı kadar bağ yapabilir.

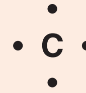
2.4. LEWIS FORMÜLLERİ

9. sınıfta "Kimyasal Türler Arası Etkileşimler" konusunda bazı bileşiklerin Lewis formüllerini yazmayı öğrenmiştik. Bu bölümde organik bileşiklerin Lewis formüllerini yazmayı öğreneceğiz.

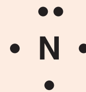
2.4.1. Lewis Kuramı

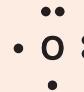
1916 - 1919 yılları arasında Gilbert Newton Lewis (Cilbert Nivton Levis, Görsel 2.12), Irving Langmuir (Ayvring Langmur) ve Walther Kossel (Voltır Kosıl) kimyasal bağlar hakkında bir kuram geliştirdiler. Bu kuram G.N. Lewis'in adı ile bilindiği için Lewis Kuramı olarak anılmaktadır. Bu kuramda, soy gazların asal olma nedeninin elektron dağılımlarından ileri geldiği, diğer atomların soy gaz atomlarının elektron dağılımına benzemek amacı ile bir araya gelerek bileşik oluşturduğu belirtilmiştir.

Lewis, kendi kuramı için özel bir gösterim geliştirerek atomların değerlik elektronlarını (valens elektronları) atom simgesinin etrafındaki noktalarla gösterdi. Örneğin elektron dağılımı $1s^2 2s^2 2p^2$ şeklinde olan C atomunun Lewis gösterimi aşağıdaki gibidir:



Bir atomun değerlik elektron sayısı 4'ten fazla olduğunda atomun etrafına 4 nokta konulduktan sonra, fazla elektronlar bu elektronların yanına teker teker ilave edilerek gösterilir. Örneğin değerlik elektron sayısı 5 olan N atomunun ve 6 olan O atomunun Lewis gösterimleri aşağıdaki gibidir.





Atomların yapabilecekleri kovalent bağ sayıları bilinebilir mi?

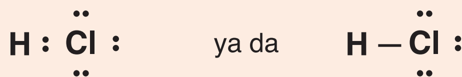
Lewis Kuramı'nda da açıklandığı gibi atomlar soy gaz elektron düzenine ulaşmak için bağ yapar. Bu nedenle bir atom, kendine en yakın soy gazın elektron düzenine ulaşıncaya kadar yani son yörüngesindeki elektron sayısını sekize tamamlayana kadar elektronlarını ortak kullanabilir. Lewis buna **"Oktet Kuralı"** adını vermiştir. Bir atomun son yörüngesindeki elektron sayısını

ikiye tamamlaması yani helyumun elektron düzenine ulaşması ise **“Dublet Kuralı”** olarak adlandırılır. Örneğin azot atomu 5 değerlik elektronuna sahiptir. Okteti tamamlayabilmesi için 3 elektrona daha ihtiyaç duyar. Bu nedenle 3 bağ yapar. Azot atomunun Lewis gösteriminde 3 tek, 1 çift elektron bulunmaktadır. Çift olarak bulunan elektronlar bağ yapımına katılmaz. Bağ yapımına katılmayan elektron çiftlerine **ortaklanmamış elektron çifti** adı verilir. 3 tek elektron ise başka bir atomun tek elektronları ile bağlanarak kovalent bağ oluşturur. Kovalent bağ yapabilen bu elektronlar ise **bağlayıcı elektronlar** olarak adlandırılır. Bir çift elektronun iki atom tarafından ortaklaşa kullanılması ile **tekli kovalent bağ**, iki çift elektronun ortaklaşa kullanılması ile **ikili kovalent bağ**, üç çift elektronun ortaklaşa kullanılması ile de **üçlü kovalent bağ** oluşur. İki atom arasında paylaşılmış elektron çiftleri, bağ anlamındaki çizgi (–) ile gösterilir.

HCl molekülünün Lewis formülünü yazmaya çalışalım. H atomunun atom numarası 1, Cl atomununki ise 17’dir. Elektron dizilişleri yazıldığında hidrojenin değerlik elektron sayısı 1, klorun ise 7 olarak bulunur. Atomların Lewis gösterimleri aşağıdaki gibidir:



Lewis gösterimlerinden de anlaşılacağı üzere H atomu bir bağlayıcı elektron içerir. Bu nedenle tek bağ yapabilir. Cl atomu ise 3 ortaklanmamış elektron çifti ile bir bağlayıcı elektron içerir. Bu nedenle tek bağ yapabilir. H atomu, kendine en yakın soy gaz atomu olan helyumun elektron düzenine ulaşmak ister. Bu nedenle 1 elektrona ihtiyaç duyar. Cl atomunun da argonun elektron düzenine ulaşmak için 1 elektrona ihtiyacı vardır. H ve Cl atomları bu ihtiyaçlarını birer elektronlarını ortak kullanarak karşılar ve HCl molekülünü oluşturur:



HCl molekülünde H atomu, helyum atomunda olduğu gibi 2 elektrona sahiptir. Dubleti tamamlamıştır. Cl atomu ise argon atomunda olduğu gibi son yörüngesinde 8 elektrona sahiptir yani oktetini tamamlamıştır.



Dikkat 2.2.

İki atom arasında oluşan ikili ve üçlü bağlardan ilk oluşan sigma bağı, diğerleri ise pi bağlarıdır.



Dikkat 2.3.

Hidrojen, Berilyum ve Bor atomları dışındaki atomlar genellikle oktede ulaşacak şekilde bağ yapar.

Dikkat 2.4.

Lewis Kuramı bir molekülün geometrisi hakkında bilgi vermez.

2.4.2. Çok Atomlu Moleküllerin Lewis Formüllerinin Yazılması

Çok atomlu moleküllerin Lewis formülleri yazılırken atomlar nasıl sıralanır?

Çok atomlu moleküllerin Lewis formüllerinin yazılmasında iskelet yapısının belirlenmesi büyük önem taşır. Bu nedenle ilk olarak merkez atom ve uç atomlar belirlenmelidir.

Merkez atom, iki ya da daha fazla atoma bağlanan iskelet sisteminin merkezinde bulunan atomdur. Molekülde C atomu bulunuyorsa C atomu daima merkez atomdur. C atomu içermeyen moleküllerde ise elektronegatifliği en küçük olan atom, merkez atomdur. Merkez atomu seçerken kullanılabilecek bir diğer yol da molekülü olabildiğince simetrik yazmaktır. Örneğin SO_2 molekülü OSO şeklinde yazılırsa simetrik olur. Bu durumda, merkez atom S atomudur.

Uç atomlar, iskelet sisteminin ucunda yer alan ve sadece bir başka atoma bağlı olan atomlardır. Bir bağ yapabilen H atomları, bir molekülde daima uç atomdur.

Çok atomlu bir molekülün Lewis formülünün yazılmasında aşağıdaki adımlar sırası ile uygulanmalıdır.

1. Yapıdaki tüm atomların değerlik elektron sayıları toplanarak toplam değerlik elektron sayısı belirlenir. Yapı çok atomlu bir anyona ait ise iyon yükü, toplam değerlik elektron sayısına eklenir; katyona ait ise toplam değerlik elektron sayısından çıkarılır.

2. Molekülde bulunması gereken toplam değerlik elektron sayısı belirlenir. Bu belirleme yapılırken her bir H, Be ve B atomu için 2, diğer atomların her biri için ise 8 elektron alınır.

3. Molekülde bulunması gereken toplam değerlik elektron sayısından molekülün toplam değerlik elektron sayısı çıkarılarak bağ elektronu sayısı belirlenir.

4. Bir bağ iki elektrondan oluştuğu için bağ elektronu sayısı 2'ye bölünerek moleküldeki bağ sayısı belirlenir.

5. Merkez atom ve uç atomlar belirlenir.

6. Uygun iskelet yapısı atomların arasına tekli bağlar yapılarak yazılır.

7. Moleküldeki ortaklanmamış elektron çifti sayısı belirlenerek atomların üzerinde gösterilir. Bu belirleme yapılırken moleküldeki

Dikkat 2.5.

Çok atomlu tür anyon ise iyon yükü toplam değerlik elektron sayısına eklenir, katyon ise iyon yükü toplam değerlik elektron sayısından çıkarılır.

toplam değerlik elektron sayısından bağ elektronları sayısı çıkarılır. Bu şekilde, ortaklanmamış elektron sayısı bulunur. Ortaklanmamış elektron çifti sayısını belirlemek için bulunan değer ikiye bölünmelidir.

8. Moleküldeki tüm atomların bağ yapma kapasitelerine göre gerekiyorsa atomlar arasına çoklu bağlar da konularak molekül yapısı tamamlanır.

Yukarıda verilen adımların uygulanması ile çok atomlu bir molekülün Lewis formülü yazılır.

ÖRNEK 2.6.

$C_2H_4O_2$ bileşiğinin Lewis formülünü yazalım.

ÇÖZÜM 2.6.

- İlk olarak moleküldeki toplam değerlik elektron sayısını (des) belirleyelim.

$$\sum des = 2 \cdot (C'un\ des) + 4 \cdot (H'in\ des) + 2 \cdot (O'in\ des)$$
$$= 2 \cdot (4) + 4 \cdot (1) + 2 \cdot (6)$$
$$= 24$$

- Molekülde bulunması gereken toplam değerlik elektron sayısını (Ges) belirleyelim.

$$\sum Ges = 2 \cdot (H\ sayısı) + 8 \cdot (Diğer\ atomların\ sayısı)$$
$$= 2 \cdot (4) + 8 \cdot (4)$$
$$= 40$$

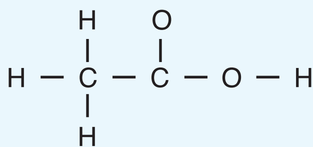
- Bağ elektronu sayısını belirleyelim.

$$Bağ\ elektronu\ sayısı = \sum Ges - \sum des$$
$$= 40 - 24$$
$$= 16$$

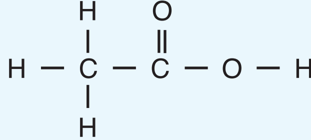
- Moleküldeki bağ sayısını belirleyelim.

Bağ sayısı = Bağ elektronu sayısı/2
= 16/2
= 8

- Moleküldeki C atomlarının merkez, H atomlarının ise uç atomlar olduğunu unutmayarak molekül için uygun iskelet yapısını yazalım.



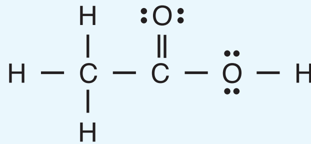
Molekülde 8 bağ bulunması gerekmektedir. Tekli bağlarla molekül iskeletini oluşturduğumuzda 7 bağ içerdiği görülmektedir. Bu durumda iki atom arasında bir çoklu bağ yani 2'li bağ bulunmalıdır. Çoklu bağın hangi iki atom arasında oluşacağına karar verirken daha önce öğrendiğimiz bilgileri kullanabiliriz. C atomunun 4, H atomunun 1 ve oksijen atomunun 2 bağ yapabileceğini öğrenmiştik. Molekül iskeletine bakıldığında oksijen atomuna bağlı karbonun 3, ona bağlı oksijenin ise 1 bağ yaptığı görülmektedir. Bu durumda bu iki atom arasına ikili bağ yapılarak her bir atomun yeterli sayıda bağ yapması sağlanabilir.



- Moleküldeki ortaklanmamış elektron çifti sayısını belirleyelim.

Ortaklanmamış elektron çifti sayısı = Ortaklanmamış elektron sayısı/2
= ($\sum$des - bağ elektron sayısı)/2
= (24 -16)/2
= 8/2
= 4

- Ortaklanmamış elektron çifti sayısı, atomların oktetlerini ve dubletlerini tamamlamalarını sağlamak amacı ile uygun olan atomların üzerinde gösterilir. Bizim molekülümüzde H atomları dubletini, C atomları oktetini tamamlamıştır. O atomlarının ise oktetini tamamlayabilmesi için dörder elektrona ihtiyacı vardır. Her bir O atomu üzerinde 2 ortaklanmamış elektron çifti gösterilerek molekülün Lewis yapısı tamamlanır:



ÖRNEK 2.7.

CH_2O bileşiğinin Lewis formülünü yazalım.

ÇÖZÜM 2.7.

- İlk olarak moleküldeki toplam değerlik elektron sayısını (des) belirleyelim.

$\sum$des = C'un des + 2 · (H'in des) + O'in des
= 4 + 2 · (1) + 6
= 12

- Molekülde bulunması gereken toplam değerlik elektron sayısını (Ges) belirleyelim.

$\sum$Ges = 2 · (H sayısı) + 8 · (Diğer atomların sayısı)
= 2 · (2) + 8 · (2)
= 20

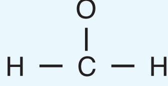
- Bağ elektronu sayısını belirleyelim.

Bağ sayısı = $\sum$Ges – $\sum$des
= 20 – 12
= 8

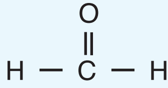
- Moleküldeki bağ sayısını belirleyelim.

Bağ sayısı = Bağ elektronu sayısı/2
= 8/2
= 4

- Moleküldeki C atomlarının merkez, H atomlarının ise uç atomlar olduğunu unutmayarak molekül için uygun iskelet yapısını yazalım.



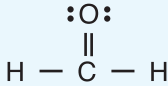
- Moleküldeki bağ sayısı 4 olmalıdır. Tekli bağlarla molekül iskeleti çizildiğinde ise 3 bağ içerdiği görülmektedir. Bu durumda molekülümüzde bir ikili bağ bulunmalıdır. Önceki bilgilerimizden C atomu 4, O atomu 2 bağ yapmalıdır. Bu nedenle C ve O atomları arasına ikili bağ çizilmelidir.



- Moleküldeki ortaklanmamış elektron çifti sayısını belirleyelim.

Ortaklanmamış elektron çifti sayısı = Ortaklanmamış elektron sayısı/2
= ($\sum$des - bağ elektron sayısı)/2
= $(12 - 8)/2$
= 2

- Ortaklanmamış elektron çifti sayısı, atomların oktetlerini ve dubletlerini tamamlamalarını sağlamak amacı ile uygun olan atomların üzerinde gösterilir. Bu nedenle O atomu üzerinde 2 ortaklanmamış elektron çifti gösterilerek molekülün Lewis yapısı tamamlanır:



ÖRNEK 2.8.

C_2H_5Cl bileşiğinin Lewis formülünü yazalım.

ÇÖZÜM 2.8.

- İlk olarak moleküldeki toplam değerlik elektron sayısını (des) belirleyelim.

$\sum$des = (C'un des) + 5 · (H'in des) + Cl'un des
= $2 \cdot (4) + 5 \cdot (1) + 7$
= 20

- Molekülde bulunması gereken toplam değerlik elektron sayısını (Ges) belirleyelim.

$\sum$Ges = 2 · (H sayısı) + 8 · (Diğer atomların sayısı)
= $5 \cdot (2) + 8 \cdot (3)$
= 34

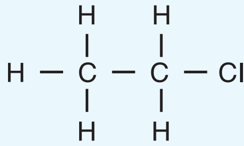
- Bağ elektronu sayısını belirleyelim.

Bağ sayısı $= \sum Ges - \sum des$
$= 34 - 20$
$= 14$

- Moleküldeki bağ sayısını belirleyelim.

Bağ sayısı = Bağ elektronu sayısı/2
= 14/2
= 7

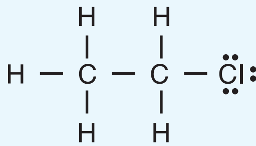
- Moleküldeki C atomlarının merkez, H atomlarının ise uç atomlar olduğunu unutmayarak molekül için uygun iskelet yapısını yazalım.



- Moleküldeki bağ sayısı 7 olmalıdır. Tekli bağlarla molekül iskeleti çizildiğinde de 7 bağ görülmektedir. Buradan atomlar arasında çoklu bağın olmadığı anlaşılır.
- Moleküldeki ortaklanmamış elektron çifti sayısını belirleyelim.

Ortaklanmamış elektron çifti sayısı = Ortaklanmamış elektron sayısı/2
$= (\sum des -$ bağ elektronu sayısı$)/2$
$= (20 - 14)/2$
$= 6/2$
$= 3$

- Ortaklanmamış elektron çifti sayısı, atomların oktetlerini ve dubletlerini tamamlamalarını sağlamak amacı ile uygun olan atomların üzerinde gösterilir. Bu nedenle Cl atomu üzerinde 3 ortaklanmamış elektron çifti gösterilerek molekülün Lewis yapısı tamamlanır:





Öğrendiklerimizi Uygulayalım 2.4.

Aşağıda verilen moleküllerin Lewis yapılarını yazınız.

Molekül	Lewis Yapısı
C_3H_6	
CH_3CHO	
CH_2O_2	

2.5. HİBRİTLEŞME VE MOLEKÜL GEOMETRİLERİ

Moleküllerin geometrilerinin yani şekillerinin belirlenmesi niçin önemlidir? Molekül şekli bilinen bir yapının başka hangi özellikleri bilinebilir?

Molekül şekillerinin bilinmesi ile moleküllerle ilgili çok çeşitli bilgilere ulaşılır. Molekülün şekli, molekülün fiziksel hâli ile ilgili bilgileri verir.

Lewis formülü ile moleküllerde atomların bağ yapan elektronlarını ve ortaklanmamış elektron çiftlerini göstermeyi öğrendik. Ancak bu gösterim iki boyutludur ve moleküllerin şekillerini belirlemede yeterli değildir. Bu bölümde Lewis formülünü başlangıç noktası olarak alıp moleküllerin üç boyutlu yapılarını anlamaya çalışacağız.

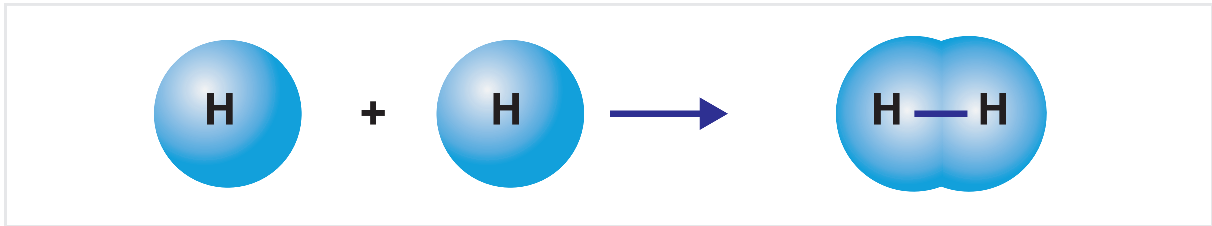
Dikkat 2.6.

Sigma bağları, atom orbitallerinin uç uca örtüşmesi ile oluşur.

2.5.1. Hibritleşme

Kovalent bağ oluşumunu açıklamada değerlik-bağ yöntemi sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntemde atomların yarı dolu orbitalleri birbiriyle örtüşerek kovalent bağı oluşturur. Bazen dolu bir orbital ile boş bir orbitalin örtüştüğü de gözlenebilir.

Değerlik-bağ yöntemi ile H_2 molekülünün oluşumunu inceleyelim. H atomunun elektron dizilişi $1s^1$ şeklindedir. H atomu, bir tane yarı dolu s orbitali içerir. H_2 molekülü oluşurken iki H atomunun yarı dolu s orbitalleri birbirine yaklaşarak birbirinin içine girmeye başlar. Atomların orbitallerinin birbirine yaklaşarak birbirinin içine girmesine **orbital örtüşmesi** adı verilir. H_2 molekülünde H atomlarının s orbitalleri örtüşerek (Şekil 2.5) kovalent bağ oluşturur.



Şekil 2.5: *H_2 molekülünde s orbitallerinin örtüşmesi*

H_2 molekülünde olduğu gibi orbitallerin uç uca örtüşmesi sonucu oluşan tekli bağ **sigma (σ) bağı** olarak adlandırılır. İki atom arasında oluşan tekli kovalent bağların tamamı sigma bağıdır. Sigma bağları iki atom orbitallerinin ya da daha sonraki kısımda anlatılacak hibrit orbitallerinin bağ ekseni boyunca uç uca örtüşmeleri sonucu oluşur.

Dikkat 2.7.

Sigma bağı pi bağına göre daha kuvvetlidir.

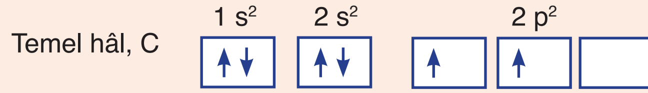


Bunları Biliyor muyuz? 2.5.

Hibritleşme kavramı ilk kez Linus Pauling (Linıs Poling) tarafından CH_4, H_2O ve NH_3 moleküllerinin bilinen geometrilerini açıklamak için ortaya atılmıştır.

Değerlik-bağ yöntemi çok atomlu moleküllerdeki bağlanmayı açıklamada yetersizdir. Örneğin CH_4 (metan) molekülünü açıklayamaz. C atomunun temel hâl elektron dizilişi aşağıda verilmiştir.

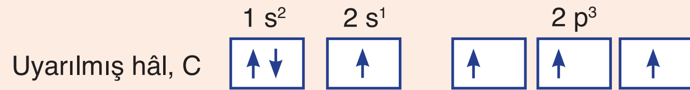
Temel hâl, C   1 s^2 2 s^2 2 p^2



Elektron dizilişine baktığımızda, C atomunun 2 tane yarı dolu p orbitalinin olduğunu görürüz. Bu durumda değerlik-bağ yöntemine göre C atomu 2 bağ yapabilir. Ancak CH_4 molekülünde C atomu 4 bağ yapmıştır. Acaba C atomu nasıl 4 bağ yapmış olabilir?

C atomunun 4 bağ yapabilmesi için 4 yarı dolu orbital içermesi gerekir. Bu nedenle temel hâldeki C atomunun 2s orbitallerinde bulunan elektronlardan biri, boş 2p orbitallerinden birine uyarılmalıdır.

Uyarılmış hâl, C   1 s^2 2 s^1 2 p^3



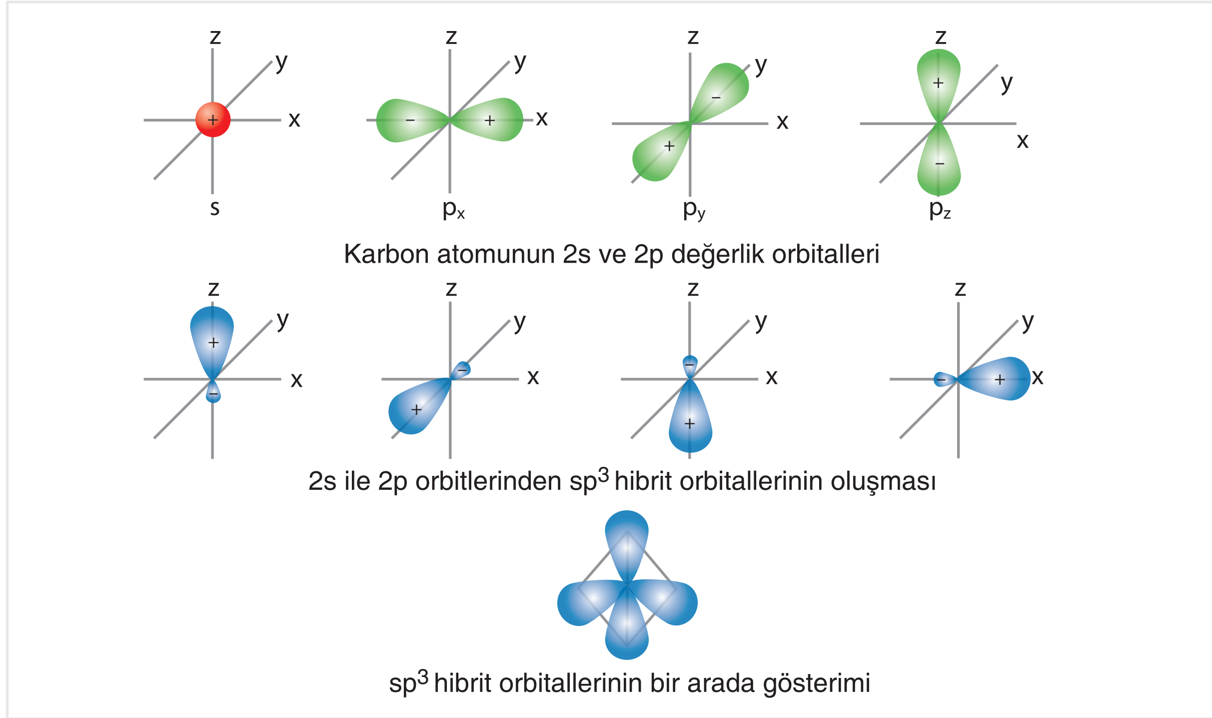
Uyarılmış hâl ile C atomunun bağ oluşturabilecek 4 atomik orbitali oluşur. H atomlarının s orbitalleri ile bu orbitaller örtüşerek 4 bağ yapabilir. Bu bağlardan birinin diğer üçünden farklı olması beklenir. Ancak CH_4 molekülündeki 4 bağın birbirinin eş değeri olduğu bilinmektedir. Bu durumda 2s ve 2p orbitaleri karışarak birbirine eş değer 4 yeni orbital oluşturmuştur. Bu şekilde bir atomun farklı enerji düzeylerindeki orbitallerinin birbiriyle karışarak aynı enerji düzeyine sahip yeni orbitaller oluşturmasına **hibritleşme (melezleşme)**, oluşan yeni orbitallere de **hibrit (melez) orbitaller** denir.

Hibritleşme, yeni hibrit orbitallerinin oluşması için s, p ve d orbitallerinin karışımıdır. Bu karışım değişik şekillerde olabilir. Biz bu ünitede s ve p orbitallerinin karışması ile oluşan sp^3, sp^2 ve sp hibritleşmelerinden bahsedeceğiz.



Dikkat 2.8.

CH_4 molekülünde C atomunun sp^3 hibrit orbitalleri ile hidrojenin s orbitallerinin uç uca örtüşmesi sonucu 4 adet sigma bağı oluşur.



***Şekil 2.6:** sp^3 hibrit orbitalinin oluşumu*

CH_4 molekülünde 1 tane s ve 3 tane p orbitali hibritleşerek 4 tane yeni hibrit orbitali (Şekil 2.6) oluşturmuştur. Oluşan bu hibrit orbitalleri bir tane s ve üç tane p orbitalinden oluştuğu için sp^3 hibrit orbitalleri olarak adlandırılır. CH_4 molekülündeki C atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır. Her sp^3 hibrit orbitali %25 s ve %75 p orbitali karakterine sahiptir. CH_4 molekülünde C atomunun sp^3 hibrit orbitalleri ile 4 H atomunun s orbitalinin uç uca örtüşmesi sonucu 4 tane sigma bağı oluşur.

sp^2 Hibritleşmesi

Periyodik sistemin 2. periyot 3A grubunda yer alan B (bor) atomunu inceleyelim. Borun temel hâl elektron dizilişi aşağıdaki gibidir:

Temel hâl, B

$1s^2$ $2s^2$ $2p^1$



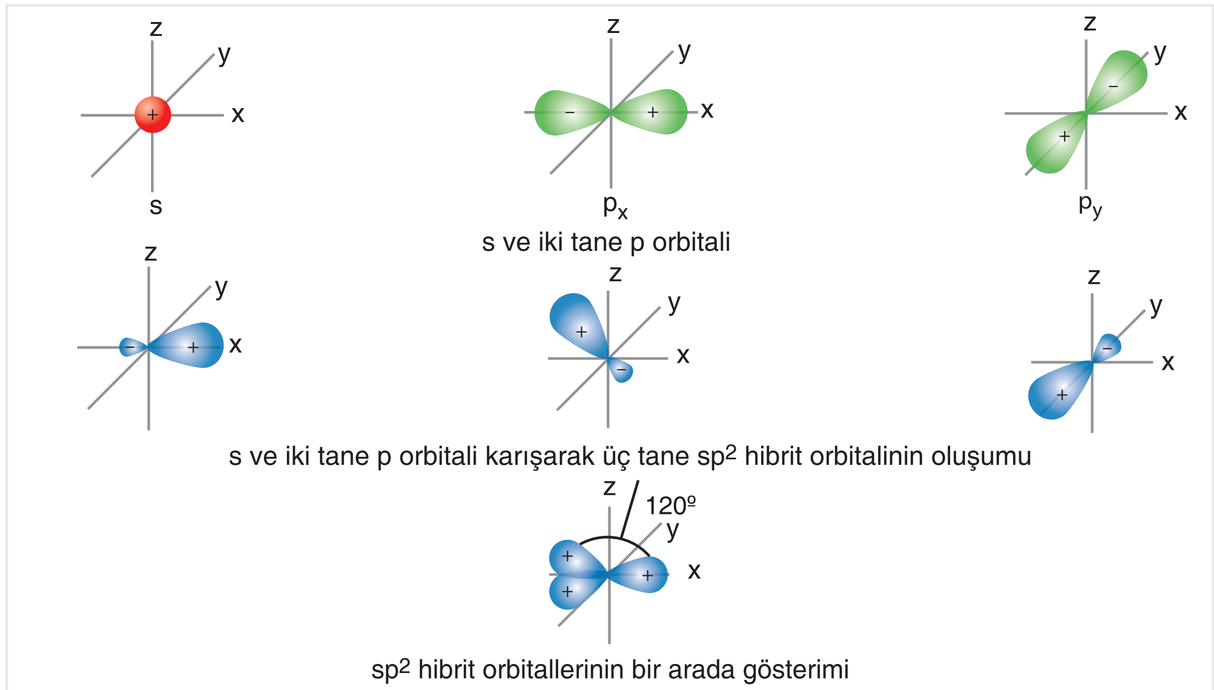
Borun bir yarı dolu orbitali olduğu için 1 bağ yapması beklenir. Ancak deneysel sonuçlar B atomunun BH_3 molekülünde olduğu gibi 3 bağ yaptığını göstermektedir. Bor atomunun 3 bağ yapabilmesi için 2s orbitalindeki bir elektron, boş olan 2p orbitallerinden



Dikkat 2.9.

Hibritleşme, moleküllerin deneysel olarak bulunan geometrisini açıklamak için ortaya atılmış bir kavramdır. Özellikle C içeren moleküllerin geometrisini açıklamada çok iyi sonuçlar verdiği için organik kimyada büyük öneme sahiptir. Gerçekte atom orbitallerinin hibrit orbitallere dönüşümü deneysel olarak belirlenmiş değildir.

birine uyarılır. 2s ve 2p orbitallerindeki elektronlar karışarak sp^2 hibrit orbitallerini oluşturur (Şekil 2.7). Oluşan bu hibrit orbitalleri bir tane s ve iki tane p orbitalinden oluştuğu için sp^2 hibrit orbitalleri olarak adlandırılır. Bor atomunun yaptığı hibritleşme de sp^2 hibritleşmesi olarak adlandırılır. sp^2 hibrit orbitallerinin oluşumu Şekil 2.7'de verilmiştir. BH_3 molekülünde de B atomunun sp^2 hibrit orbitalleri ile H atomunun s orbitali uç uca örtüşmüştür. Bu nedenle BH_3 molekülü, 3 sigma bağı içermektedir.

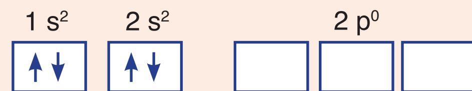


***Şekil 2.7:** sp^2 hibrit orbitallerinin oluşumu*

sp Hibritleşmesi

Periyodik sistemin 2. periyot 2A grubunda bulunan Be (berilyum) atomunun temel hâl elektron dizilişi $1s^2 2s^2$ şeklindedir.

Temel hâl, Be



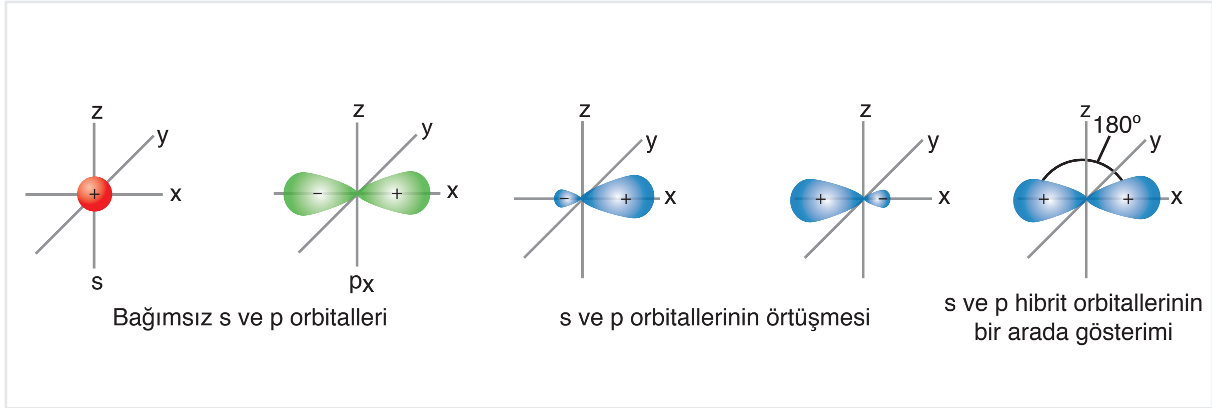


Dikkat 2.10

Hibritleşme sonunda oluşan hibrit orbitallerinin sayısı, hibritleşmeye katılan atom orbitallerinin sayısına eşittir. Hibritleşme türü, hibritleşmeye katılan atom orbitallerinin cinsi ve sayısı ile gösterilir.

Hiç yarı dolu orbitali bulunmayan Be atomunun bağ yapması beklenmez. Ancak gaz hâlindeki $BeCl_2$ bileşiğinde Be atomunun 2 bağ yaptığı görülmektedir. Bu bağların oluşumu 2s orbitalindeki bir elektronun boş p orbitallerinden birine uyarılıp daha sonra

birbirleri ile karışarak sp hibrit orbitallerini oluşturması ile mümkündür (Şekil 2.8). Bir s ve bir p orbitalinin karışması sonucu hibrit orbitalleri oluştuğu için bunlar, **sp hibrit orbitali** adını alır. Be atomunun yaptığı hibritleşme de **sp hibritleşmesi** olarak adlandırılır. sp hibrit orbitallerinin oluşumu Şekil 2.8'de gösterilmektedir. $BeCl_2$ molekülünde, Be atomunun sp hibrit orbitalleri ile Cl atomunun p orbitalinin uç uca örtüşmesi sonucu 2 sigma bağı bulunur.

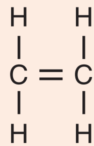


Şekil 2.8: *sp hibrit orbitallerinin oluşumu*

2.5.2. Çoklu Bağların Oluşumu

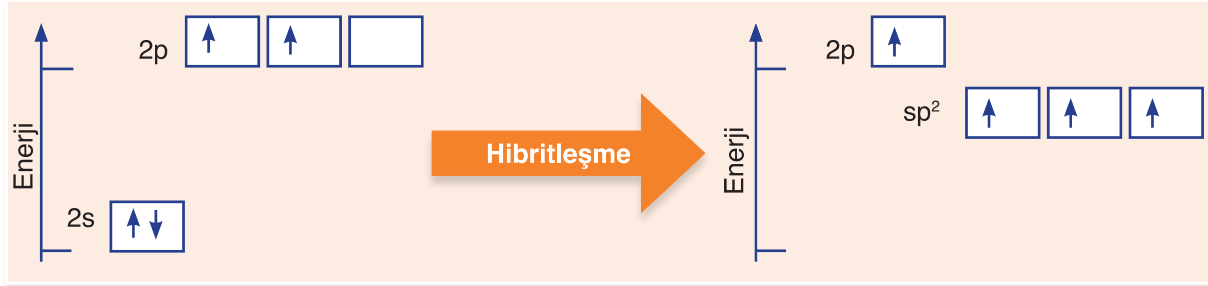
İki atom arasında tekli (—) bağın yanı sıra, ikili (═) ve üçlü (≡) bağların da oluşabileceğinden daha önce bahsetmiştik. Peki, bu bağlar nasıl oluşmaktadır?

C_2H_4 (etilen) bileşiğinin Lewis yapısında ortak kullanılan iki elektron, bir bağ oluşturmaktadır. Bu bağlar çizgi (—) ile gösterilerek molekülün yapı formülü oluşturulur. Etilene ait yapı formülü yazıldığında iki C atomu arasında ikili bağın oluştuğu görülür.



C_2H_4 molekülüyle ilgili yapılan deneyler H—C—H ve C═C—H bağ açılarının 120° olduğunu ve tüm atomların bir düzlemde bulunduğunu göstermektedir. C_2H_4 molekülündeki bu yapı, C atomunun bu molekülde sp^2 hibritleşmesi yapması ile açıklanabilir. C atomu sp^2 hibritleşmesini yaparken temel hâlde bir elektron bulunduran p orbitallerinden biri hibritleşmeye katılmaz.

Bu hibritleşmeyi enerji katmanı-orbital diyagramı ile aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

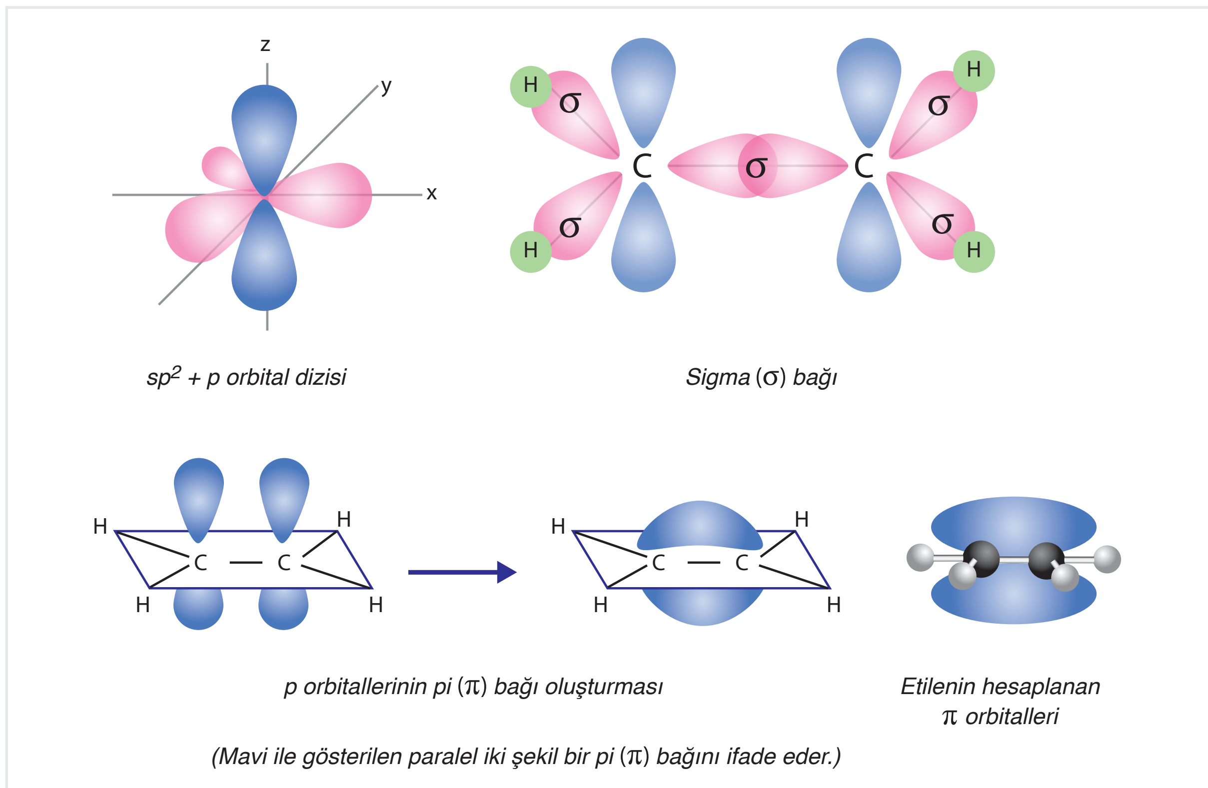




Dikkat 2.11.

C_2H_4 molekülündeki pi (π) bağı hibritleşmeye katılmayan p orbitallerinin yan yana örtüşmesi ile oluşur.

C_2H_4 molekülünde her bir C atomunun 2 tane sp^2 hibrit orbitali, H atomlarının s orbitalleri ile uç uca örtüşerek sigma bağlarını oluşturur. İki C atomu arasında oluşan bağlardan ilki, sp^2 hibrit orbitallerinin uç uca örtüşmesi ile oluşan sigma bağıdır. Diğeri ise hibritleşmeye katılmayan p orbitallerinin yan yana örtüşmesi sonucu oluşur (Şekil 2.9). Bağ eksenine dik atomik p orbitallerinin yan yana örtüşmesi ile oluşan bu bağlara, **pi (π) bağı** adı verilir. İki atom arasında yalnız bir tane σ bağı oluşabilir. İki atom arasında σ bağından sonra oluşan bağlar π bağlarıdır. π bağı, sigma bağından daha zayıftır ve tepkimeler sırasında ilk önce π bağı kopar.



***Şekil 2.9:** C_2H_4 molekülünde sigma ve pi bağlarının oluşumu*

İki atom arasında oluşan çoklu bağların bir diğeri ise üçlü bağlardır. Üçlü bağın biri sigma, diğer ikisi ise pi bağıdır. İki atom arasında oluşan üçlü bağı, C_2H_2 (asetilen) molekülünü inceleyerek açıklamaya çalışalım.

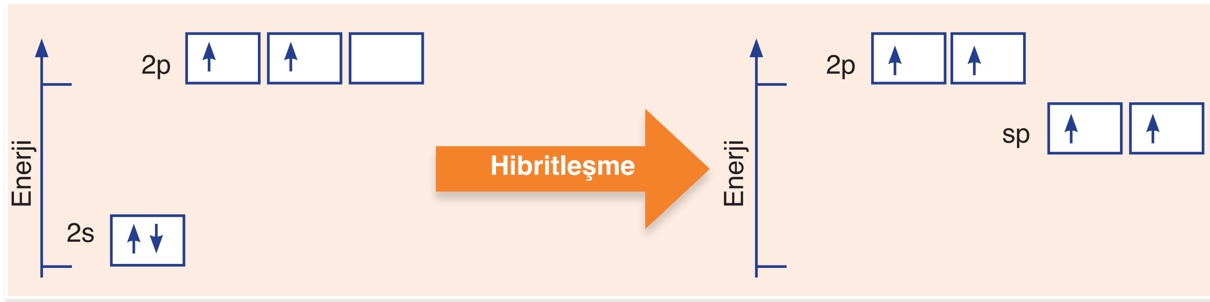
C_2H_2 molekülünün yapı formülü aşağıdaki gibidir.



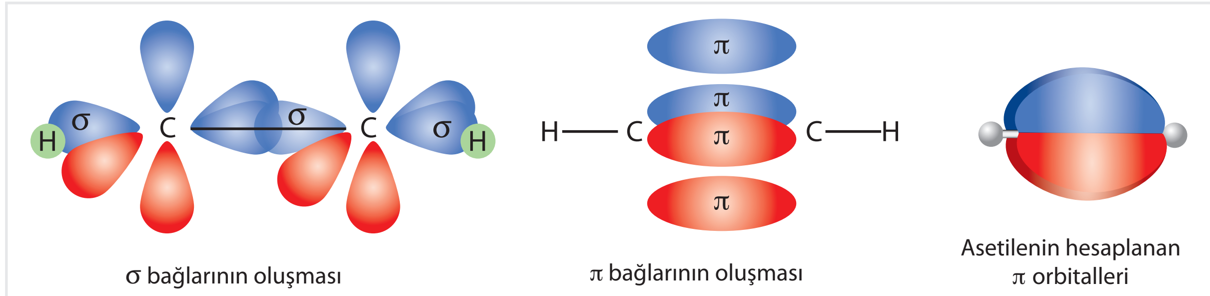
C_2H_2 molekülünün doğrusal olan bu yapısı C atomunun sp hibritleşmesi yapması ile açıklanabilir. Bu hibritleşmeyi enerji katmanı-orbital diyagramı ile aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

Dikkat 2.12.

Çoklu bağların sadece biri sigma (σ) bağı, diğer bağlar ise pi (π) bağıdır. İkili bağda bir tane pi (π) bağı, üçlü bağda ise iki tane pi (π) bağı bulunur.



C_2H_2 molekülünde C atomunun sp hibrit orbitallerinden biri H atomunun s orbitali ile uç uca örtüşerek C–H tekli bağını yani sigma bağını oluşturur. İki C atomu arasında ise sp hibrit orbitallerinin uç uca örtüşmesi sonucu bir tane sigma bağı, hibritleşmeye katılmayan 2 tane p orbitalinin yan yana örtüşmesi sonucu da 2 tane pi bağı oluşur (Şekil 2.10).



***Şekil 2.10:** C_2H_2 molekülünde sigma ve pi bağlarının oluşumu*

2.5.3. Değerlik Katmanı Elektron Çifti İtmesi (VSEPR) Kuramı ve Molekül Geometrileri

Moleküllerin Lewis formüllerini yazarak moleküllerdeki bağ yapan elektronları ve ortaklanmamış elektronların yaklaşık yerlerini belirleyebildiğimizi öğrendik. Lewis formülleri iki boyutlu yapılar olduğu için atomların uzaydaki konumlarını belirlemede yetersiz kalmaktadır. Örneğin H_2O molekülünün Lewis formülü,



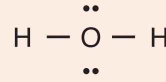
Bunları Biliyor muyuz? 2.6.

VSEPR kuramı 1957 yılında Ronald Gillespie (Ranılt Gillespi) ve Ronald Nyholm (Ranılt Niholm) tarafından geliştirilmiştir.



Dikkat 2.13.

Moleküllerin Lewis yapıları, molekül şeklinin belirlenmesinde başlangıç noktasıdır.

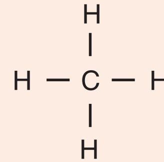


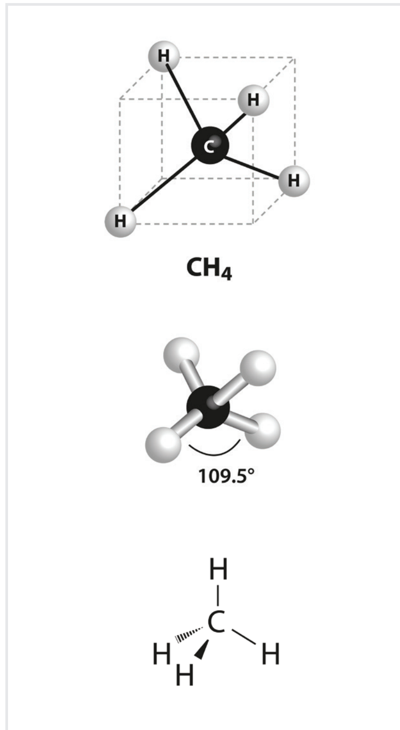
şeklindedir. Bu yapıda atomlar bir doğru üzerine yerleşmiştir. Ancak deneysel sonuçlar, H_2O molekülünün şeklinin doğrusal değil açısal olduğunu göstermektedir. H_2O molekülünde olduğu gibi Lewis formülü molekül şeklini belirlemede yetersiz kalmaktadır. Ancak Lewis formülünün yazılması, molekül şeklinin belirlenmesinde bir başlangıç noktası olarak alınabilir.

Molekül şekilleri deneysel yollarla ya da deneysel yollarla doğrulanmış kuantum mekaniği hesaplamaları ile belirlenebilmektedir. Değerlik katmanı, elektron çifti itmesi (VSEPR) kuramı ile molekül şekilleri belirlenebilmektedir. VSEPR, "Valence Shell Electron Pair Repulsion'ın (Velıns Şel Elektra Peır Rıpalşın) kısaltmasıdır ve "vesper" olarak okunur.

VSEPR kuramına göre, bir bağı oluşturan bağ elektronları ile bağ yapımına katılmamış ortaklanmamış elektron çiftleri daima birbirini iter. Elektron çiftleri, atom etrafında itmeyi en aza indirecek şekilde konumlanır. Bu nedenle bağ elektronları ile ortaklanmamış elektron çiftleri, molekülde birbirinden olabildiğince uzakta yer alır. Bunun sonucunda da moleküllerin kendilerine has geometrik şekilleri oluşur.

CH_4 molekülünün molekül geometrisini belirlemeye çalışalım. CH_4 molekülünün yapı formülü yazıldığında hiç ortaklanmamış elektron çifti içermediği görülür.





Şekil 2.11: *CH_4 molekülünün üç boyutlu gösterimleri*

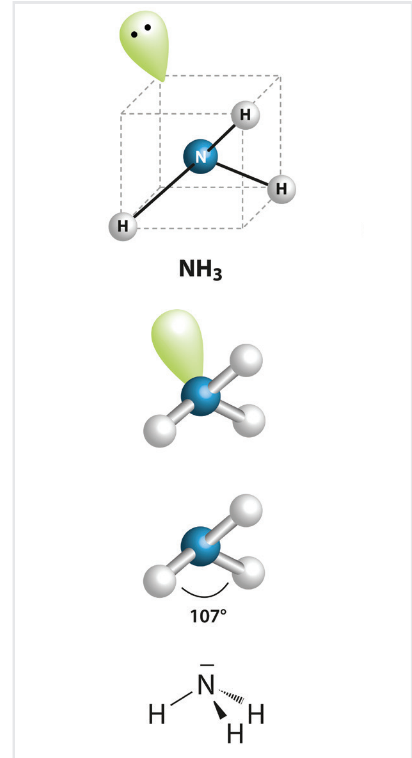
CH_4 molekülünde merkez atom olan C atomuna bağlı dört H atomu bulunmaktadır. Merkez atomunun üzerinde hiç ortaklanmamış elektron çifti bulunmaz. CH_4 molekülünün VSEPR gösterimi AX_4 şeklindedir. VSEPR gösteriminde A merkez atomu, X merkez atoma bağlı atom ya da atom gruplarını, E ise ortaklanmamış elektron çiftlerini gösterir.

CH_4 molekülünde karbon atomunun sp^3 hibrit orbitalleri ile hidrojen atomlarının s orbitalleri örtüşerek 4 kovalent bağ oluşturmuştur (Şekil 2.11). VSEPR kuramına göre bağ elektronlarının

birbirini itmesi sonucu atomlar birbirinden en uzağa yerleşmiş konumdadır. Bu konumda merkezde C atomu yer alırken H atomları düzgün dört yüzlünün köşelerinde yer almıştır. Bu nedenle molekül tetrahedral yapıdadır ve 109,5° bağ açısına sahiptir.

CH_4 molekülünün Lewis formülünün yazılmasında molekülün üç boyutlu yapısını göstermek için dolu kama (◄) ve kesikli kama (ıı||) simgesi de kullanılabilir. Bu simgelerdeki düz çizgiler, sayfa düzlemindeki bağları göstermek için kullanılır. Dolu kamalar, sayfa düzleminin önüne doğru yönelen bağları gösterirken kesikli kamalar sayfa düzleminin arkasına doğru yönelen bağları göstermek için kullanılır.

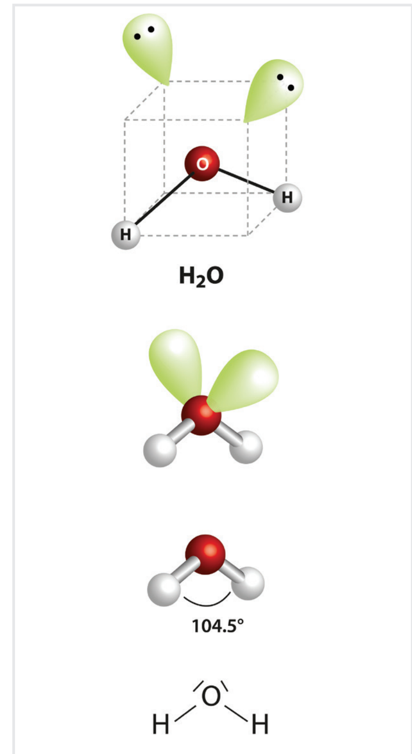
NH_3 molekülünde sp^3 hibritleşmesi yapmış N atomunun etrafında üç tane H atomu yer almaktadır. Merkez atom olan N atomunun üzerinde bir çift ortaklanmamış elektron bulunur. NH_3 molekülünün VSEPR gösterimi, AX_3E şeklindedir. sp^3 hibritleşmesi ile oluşan CH_4 molekülündeki gibi bağ açısının 109,5° olması beklenirken NH_3 molekülünde bağ açısı 107°'dir. Bunun nedeni sizce ne olabilir?



Şekil 2.12: *NH_3 molekülünün üç boyutlu gösterimleri*

Merkez atomunun üzerinde bulunan ortaklanmamış elektron çifti, bağlayıcı elektron çiftlerine göre daha çok yer kaplar. Bunun sonucu olarak da ortaklanmamış elektron çiftlerinin itme gücü, bağ elektronlarınınkinden daha büyüktür. NH_3 molekülünde de N atomu üzerinde bulunan ortaklanmamış elektron çifti, bağ elektronlarını iterek 109,5° olan açının küçülmesine neden olmuştur. Bu nedenle de molekülün geometrik şekli düzgün dört yüzlü değildir. NH_3 molekülü üçgen piramit yapısındadır (Şekil 2.12).

H_2O molekülünde oksijen atomunun iki tane sp^3 hibrit orbitali ile hidrojen atomlarının s orbitalleri örtüşerek bağları oluşturmuştur. Oksijen atomunun üzerinde iki tane ortaklanmamış elektron çifti bulunmaktadır. Suyun VSEPR gösterimi, AX_2E_2 şeklindedir. Ortaklanmamış elektron çiftleri ile bağ elektronları birbirinden olabildiğince uzağa yerleşmek ister. Bu nedenle ortaklanmamış 2 çift elektron birbirine yakın konumdadır ve bağ elektronlarını iterek 109,5° olması beklenen açının küçülmesine neden olmuştur. Bu nedenle su molekülünün molekül şekli açısal yani "V" şeklindedir. H_2O molekülünde bağ açısı da 104,5°'dir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: *H_2O molekülünün üç boyutlu gösterimleri*

Tablo 2.3'te bazı moleküllerin VSEPR gösterimleri ile molekül geometrileri verilmiştir.

***Tablo 2.3:** Bazı moleküllerin VSEPR gösterimleri ve molekül şekilleri*

Örnek	VSEPR Gösterimi	Merkez Atomun Hibritleşme Türü	Üç Boyutlu Formül	Top Çubuk Formülü	Molekül Geometrisi
CH_4 (Metan)	AX_4	sp^3	H, C, H, H, H; 109,5°		Düzgün dört yüzlü
NH_3 (Amonyak)	AX_3E	sp^3	H, N, H, H; 107°		Üçgen piramit
H_2O (Su)	AX_2E_2	sp^3	H, O, H; 104,5°		Açısal
C_2H_4 (Etilen)	AX_3	sp^2	H, H, C = C, H, H; 120°		Düzlem üçgen
CH_2O (Formaldehit)	AX_3	sp^2	H, C = O, H; 120°		Düzlem üçgen
BH_3 (Borhidrür)	AX_3	sp^2	H, B, H, H; 120°		Düzlem üçgen

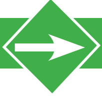
Molekül geometrilerinin üç boyutlu yapılarını daha iyi kavrayabilmek için ***goo.gl/5MM2Rz*** adresinden molekül geometrileri ile ilgili simülasyona ulaşabilirsiniz.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 2.5.

Aşağıda verilen tabloda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Molekül Örneği	VSEPR Gösterimi	Merkez Atomun Hibritleşme Türü	Molekül Şekli
$BeCl_2$		sp	
	AX_3E		
		sp^3	Açısal
CO_2			Doğrusal



ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri, uygun kelimeler ve kavramlarla tamamlayınız.

dört	p	az	bağların
bileşik	$109{,}5^0$	d	çok
sp	düz	üçgen piramit	halkalı
Lewis	sp^3	fazla	VSEPR
hibrit	107^0	bileşiklerini	tetrahedral

Organik kimya, karbon ve ....$_{(1)}$ inceleyen bilim dalıdır. Karbon atomunun ....$_{(2)}$ değerlik elektronunun bulunması, elektronegatifliğinin ....$_{(3)}$ oluşu ve oluşturduğu ....$_{(4)}$ daha kararlı olması çok sayıda ....$_{(5)}$ oluşturmasının nedenleridir. ....$_{(6)}$ sayıda karbon atomu birbirine bağlanarak kararlı yapıda ....$_{(7)}$ zincirli, dallanmış ya da ....$_{(8)}$ yapıda bileşikler oluşturabilmektedir. Bu bileşiklerde karbon atomu hibritleşmeye uğramaktadır.

Hibritleşme, yeni ....$_{(9)}$ orbitallerinin oluşması için s, p ve d orbitallerinin karışımıdır. Bu karışım değişik şekillerde olabilir. Örneğin bir s ve bir ......$_{(10)}$ orbitalinin karışması sonucu ....$_{(11)}$ hibrit orbitalleri oluşur. CH_4 bileşiğinde karbon atomu ....$_{(12)}$ hibritleşmesi yapmıştır. ....$_{(13)}$ kuramına göre bağ elektronlarının birbirini itmesi sonucu atomlar birbirinden en uzağa yerleşmiş konumdadır. Bu nedenle CH_4 molekülü ....$_{(14)}$ yapıdadır ve ....$_{(15)}$ bağ açısına sahiptir.

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen bileşiklerin Lewis elektron nokta yapılarını yazınız.

a. C_2H_6

b. CH_3OH

c. C_2H_2

ç. HCN

d. HCOOH

2. sp^3 hibritleşmesi yapan iki farklı VSEPR gösterimine sahip bileşik örneği verip bunların molekül geometrilerini belirtiniz.

3. Anorganik ve organik bileşikler arasındaki üç farkı belirtiniz.

4. Karbon atomunun çok sayıda bileşik oluşturmasının nedenlerinden üçünü belirtiniz.

5. Karbon atomunun allotroplarını yazarak birini açıklayınız.

6. Hibritleşmeyi tanımlayarak s ve p orbitallerinin karışması ile oluşan hibritleşme türlerinden birini açıklayınız.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz. İfadeler doğru ise "D" harfini işaretleyiniz, yanlış ise "Y" harfini işaretleyerek ifadenin doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

1. Yapısında C atomu içeren bileşiklerin büyük çoğunluğu organik, içermeyenler ise anorganiktir. (D) (Y)

2. Karbon atomları arasında oluşan tekli bağ, ikili ve üçlü bağlara göre daha kararlıdır. (D) (Y)

3. Elmasta karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır. (D) (Y)

4. Ağ örgülü yapıya sahip elmas ve grafit, sıvı çözücülerde çözünmezken moleküler yapıya sahip fullerenler uygun çözücülerde çözünmektedir. (D) (Y)

5. Lewis, atomların tüm elektronlarını atom simgesinin etrafında noktalarla gösterir. (D) (Y)

6. Çok atomlu moleküllerde genellikle elektronegatifliği en büyük atom, merkez atomdur. (D) (Y)

7. VSEPR kuramına göre bir bağı oluşturan bağ elektronları ya da bağa katılmamış ortaklanmamış elektron çiftleri daima birbirini iter. (D) (Y)

8. NH_3 bileşiğinin VSEPR gösterimi, AX_3 şeklindedir. (D) (Y)

9. Grafen; esnek yapılı, çok dayanıklı ve şeffaf bir materyaldir. (D) (Y)

10. Molekül formülü, bileşiği oluşturan atomların en küçük tam sayılarla gösterildiği formüldür. (D) (Y)

Ç. Aşağıda verilen tanımları ilgili kavramlarla eşleştiriniz.

Tanımlar

1. Karbon ve bileşiklerini inceleyen bilim dalı.

2. Bilinen en sert doğal madde.

3. Grafen tabakası denilen altıgen karbon halkalarından oluşmuş iki boyutlu tabakaların tıpkı bir kâğıt gibi kıvrılarak silindir şekline getirilmiş hâli.

4. s orbitallerinin uç uca örtüşmesi sonucu oluşan tekli bağ.

5. Bir atomun farklı enerji düzeylerindeki orbitallerinin birbiriyle karışarak aynı enerji düzeyine sahip yeni orbitaller oluşturması.

6. 109,5° bağ açısına sahip molekül şekli.

7. Bileşiği oluşturan atomların gerçek sayılarını gösteren formül.

8. Bir elementin atomlarının uzayda farklı şekillerde dizilmesi ile oluşan yapı.

9. Bağ yapımına katılmayan elektron çifti.

10. AX_4 VSEPR gösterimine sahip molekülün hibritleşme türü.

Kavramlar

Sigma bağı ( )	Basit formül ( )	Elmas ( )	Üçgen piramit ( )	Molekül formülü ( )
Ortaklanmamış elektron çifti ( )	Nanotüp ( )	Bağlayıcı elektron çifti ( )	Organik kimya ( )	Allotrop ( )
Hibritleşme ( )	sp^3 ( )	Düzgün dört yüzlü ( )	sp ( )	pi bağı ( )

D. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. NH_3 molekülü ile ilgili

I. Anorganik bir bileşiktir.

II. VSEPR gösterimi AX_3'tür.

III. N atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

2. Aşağıda verilen bileşiklerden hangisi organik değildir?

A) CO_2 B) CH_4 C) C_2H_5OH D) HCOOH E) CH_3NH_2

3. I. Yapısında C atomu bulunur.

II. Çoğunlukla iyonik yapılıdır.

III. Kendilerine has renkleri ve kokuları vardır.

Organik bileşiklerle ilgili yukarıdaki yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

4. Bilim insanlarına ait aşağıdaki buluşlardan hangisi yanlış verilmiştir?

A) Friedrich Wöhler laboratuvarda üre sentezlemiştir.

B) Johann Jakob Berzelius ilk kez organik kelimesini kullanmıştır.

C) Lewis, atomların tüm elektronlarını atom simgesinin etrafındaki noktalarla göstermiştir.

D) Friedrich August Kekule, atomların değerlikleri kadar bağ yapabileceğini belirtmiştir.

E) Archibald Scott Couper, atomların yapı içindeki yerleşimini bağ çizgisi ile göstermiştir.

5. C_2H_4 bileşiği ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) C atomları arasında üçlü bağ bulunur.

B) C atomları sp^2 hibritleşmesi yapmıştır.

C) Molekülde 1 tane pi bağı vardır.

D) Molekülde 5 sigma bağı bulunur.

E) VSEPR gösterimi AX_3'tür.

6. C,H ve O atomlarından oluşan organik bir bileşiğin analizinde kütlece % 37,5 C ve % 12,5 H içerdiği bulunmuştur.

Buna göre bileşiğin basit formülü aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

(C = 12, H = 1, O =16)

A) CH_4O B) C_2H_6O C) CH_2O D) $C_2H_5O_2$ E) CH_3O

7. Karbon atomu ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?

A) Periyodik sistemin 1. periyodunda 4A grubunda bulunur.

B) Altı valens (değerlik) elektronu vardır.

C) Kendi arasında sadece tekli bağ yapabilir.

D) Elmas ve grafit dışında allotropu yoktur.

E) sp, sp^2 ve sp^3 hibritleşmeleri yapabilir.

8. Karbon atomunun allotropları ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Elmasta karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

B) Grafit bilinen en sert maddedir.

C) Grafitin yapısında delokalize elektronlar bulunur.

D) Fullerenlerin çoğu C_{60} moleküllerine sahiptir.

E) Nanotüpler güçlü ve iletken lifler oluşturabilir.

9. Aşağıda verilen moleküllerden hangisinin Lewis formülü yanlıştır?

A) $H : \ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}} :$

B) $H : N : H :$ (N altında $\cdot\cdot$ H)

C) $H : C : H$ (C üstünde $\cdot\cdot$ H, altında $\cdot\cdot$ H)

D) $: \ddot{O} :: C :: \ddot{O} :$

E) $H : H$

10. $CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - C \equiv CH$

Yukarıda verilen bileşikteki sigma (σ) ve pi (π) bağı sayıları aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

	Sigma Bağı (σ)	Pi Bağı (π)
A)	16	3
B)	6	3
C)	3	16
D)	3	6
E)	15	4

11. CH_4 molekülü ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

A) Karbon atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

B) Molekül şekli düzgün dört yüzlüdür.

C) Karbon atomu üzerinde dört ortaklanmamış elektron çifti vardır.

D) VSEPR gösterimi, AX_4 şeklindedir.

E) C ve H atomları arasında oluşan bağın açısı 109,5° dir.

12. Aşağıda verilen bileşiklerden hangisinin karşısındaki VSEPR gösterimi doğrudur?

Bileşik	VSEPR Gösterimi
A) NH_3	AX_3
B) H_2O	AX_2E
C) HCOOH	AX_3E
D) CH_3NH_2	AX_2E_2
E) BH_3	AX_3

13. Basit formülü CH olan bileşikle ilgili

I. Molekül kütlesi 26 ise molekül formülü C_2H_2'dir.

II. Karbonun hidrojene kütlece birleşme oranı 1'dir.

III. Karbon ve hidrojen atomlarından oluşmuştur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

14. C ve H'den oluşan bir bileşiğin 0,1 molü yakıldığında 8,8 gram CO_2 ve 0,3 mol H_2O gazı oluştuğu biliniyor.

Buna göre, bileşiğin basit formülü aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir? (C = 12, H = 1)

A) CH_4 B) CH_3 C) C_2H_3 D) C_2H_6 E) C_3H_7

15. Sadece basit formülü bilinen bir bileşiğin

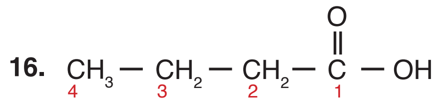
I. Hangi atomlardan oluştuğu,

II. Atomların kütlece birleşme oranı,

III. Atomlarının molce birleşme oranı

niceliklerinden hangileri bilinir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III

16. 

Yukarıdaki bileşik ile ilgili

I. Basit formülü C_2H_4O'dur.

II. 5 sigma bağı içerir.

III. 1 numaralı karbon atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

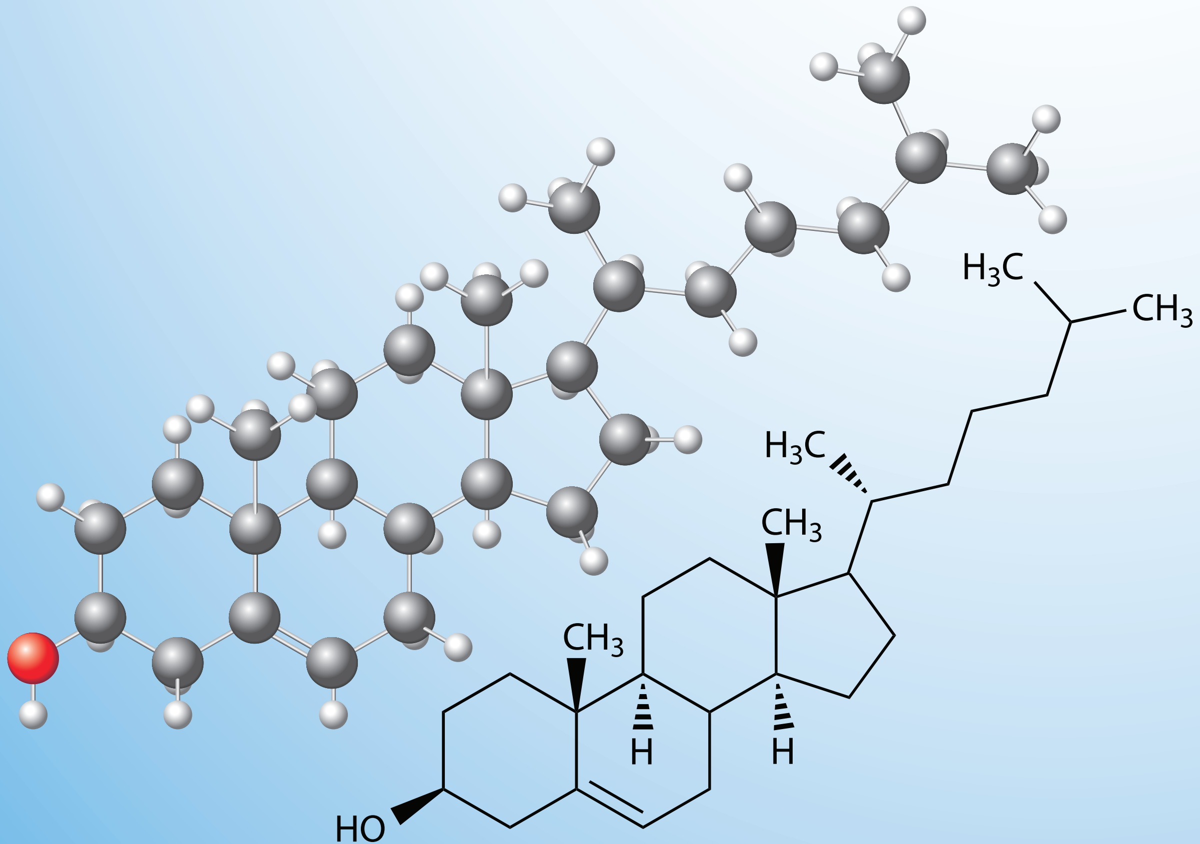
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III



3. Ünite ORGANİK BİLEŞİKLER

İçerik

• Bu ünitede organik bileşiklerin fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması; hidrokarbonlar, alkoller, eterler, karbonil bileşikleri, karboksilik asitler ve esterlerin IUPAC ve geleneksel adlarının formülleri ile eşleştirilmesi ve bazı özellikleri ile kullanım alanlarının ilişkilendirilmesi amaçlanmaktadır.





Hazırlık Çalışmaları

1. Her bileşiğin kapalı formülü farklı mıdır? Kapalı formülleri aynı, açık formülleri farklı bileşikler olabilir m? Araştırınız.

2. Bileşiklerin adlandırılması nasıl sağlanır? Araştırınız.

3. Gündelik hayatımızda hangi organik maddelerle iç içeyiz? Organik maddeleri nerelerde kullanıyoruz?

GİRİŞ

Giydiğimiz elbiselerden oturduğumuz evin duvar boyasına, kullandığımız otomobil yakıtlarından aldığımız ilaçlara hayatımızın her alanında organik bileşiklerle iç içe olduğumuzu daha önce öğrenmiştik.

Bu ünitede organik bileşikleri sınıflandırarak önemli organik bileşiklerin adlarını, özelliklerini ve kullanım alanlarını öğrenmeye çalışacağız.

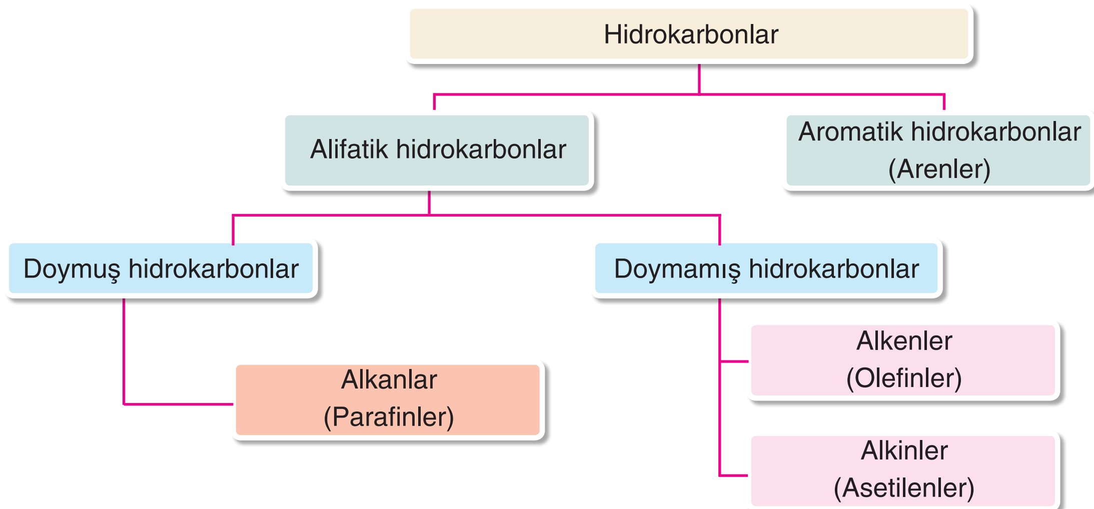
3.1. HİDROKARBONLAR

Karbon ailesinin en basit üyesi olan **hidrokarbonlar,** sadece karbon ve hidrojenden meydana gelen bileşiklerdir. Karbon atomlarının birbirine bağlanarak zincir ve halka yapıları oluşturması nedeni ile çok fazla sayıda hidrokarbon bileşiği oluşmaktadır.

3.1.1. Hidrokarbon Türleri

Çok sayıda hidrokarbon bileşiğinin bulunması, bu bileşikleri sınıflandırma gereği oluşturmuştur.

Bu nedenle hidrokarbonlar kendi içinde aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

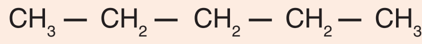


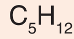
Alifatik hidrokarbonlar; düz zincirli, dallanmış ya da halkalı yapıda olabilir. Bu bileşikler yapılarında bulunan bağ türüne göre doymuş ve doymamış hidrokarbonlar olarak sınıflandırılır. Bir hidrokarbonun doymuş ya da doymamış olması yapısında π (pi) bağı içerip içermemesi ile anlaşılır. Yapısında π (pi) bağı içerenler **doymamış**, içermeyenler ise **doymuş hidrokarbonlar**dır. **Aromatik hidrokarbonlar**, halkalı yapıda olup molekül yapılarında genellikle benzen halkası içeren hidrokarbonlardır. **Arenler** olarak da adlandırılır. Alifatik hidrokarbonlar ise benzen halkası içermez.

Dikkat 3.1.

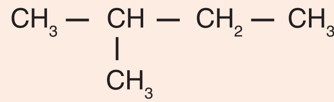
Yapısında pi (π) bağı içeren hidrokarbonlar doymamış hidrokarbonlardır.

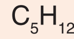
Alkanlar, doymuş yapıdaki hidrokarbonlardır. Moleküldeki karbon atomları birbirine σ (sigma) bağları ile bağlıdır. Alkanlar, parafinler olarak da adlandırılır. C_nH_{2n+2} genel formülü ile gösterilir. Düz zincirli, dallanmış ya da halkalı yapıda olabilir. Halkalı yapıya sahip olanlar **sikloalkanlar** olarak adlandırılır. Sikloalkanlar, C_nH_{2n} genel formülüne sahiptir.



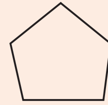


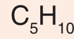
Düz zincirli yapı





Dallanmış yapı

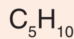




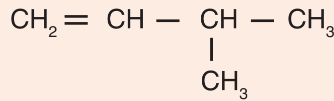
Halkalı yapı

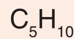
Alkenler, karbon atomları arasında en az bir çift bağ içeren hidrokarbonlardır. Olefinler olarak da adlandırılırlar. C_nH_{2n} genel formülüne sahiptir. Düz zincirli, dallanmış ya da halkalı yapıda olabilirler. Halkalı yapıdakiler **sikloalkenler** olarak adlandırılır ve C_nH_{2n-2} genel formülüne sahiptir.



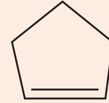


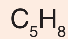
Düz zincirli yapı





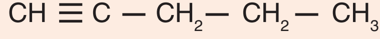
Dallanmış yapı

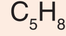




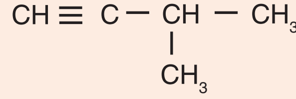
Halkalı yapı

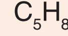
Alkinler, karbon atomları arasında en az bir üçlü bağ içeren hidrokarbonlardır. Asetilenler olarak da adlandırılırlar. C_nH_{2n-2} genel formülüne sahiptirler.





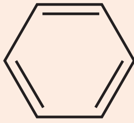
Düz zincirli yapı



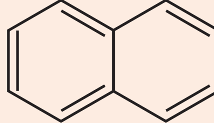


Dallanmış yapı

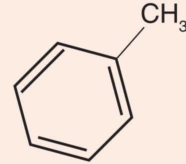
Aromatik hidrokarbonlar benzen halkası içeren hidrokarbonlardır. Benzenin halka yapısında karbon atomları arasında birbirini izleyen çift ve tek bağlar vardır. Tek bir benzen halkasına bağlı gruplardır ya da birden çok benzen halkasının birbirine bağlanması ile oluşurlar. Aromatik hidrokarbonların en yaygın örnekleri benzen, naftalin ve toluendir.



C_6H_6 (Benzen)



$C_{10}H_8$ (Naftalin)



C_7H_8 (Toluen)

3.1.2. Alkanlar

Doymuş hidrokarbon bileşiği olan alkanlar C_nH_{2n+2} genel formülü ile gösterilir. Halkalı alkanlarda halkadan dolayı iki hidrojen atomu eksilir. Bu nedenle genel formülleri C_nH_{2n}'dir. Sikloalkanlar olarak ifade edilirler. İlk üyesi üç karbonlu siklopropandır (△). Karbon atomları birbirine tekli bağlarla bağlanmıştır. Karbon atomları arasındaki tüm bağlar sigma bağıdır ve karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır. Alkanların ilk üyesi metandır (CH_4). Birbirini izleyen her bir alkan molekülü arasında $-CH_2-$ (metilen) grubu kadar fark vardır. Molekülleri birbirinden sabit bir birim, örneğin $-CH_2-$ kadar farklı olan serilere **homolog seri** adı verilir. Bu şekilde bir serinin üyeleri, benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.

Düz zincirli alkanlar normal alkanlar olarak adlandırılır. Alkanlar apolar yapılı moleküllerdir ve suda çözünmez. Alkanların molekülleri arasında London kuvvetleri etkindir. Düz zincirli yapılarda, moleküller arası çekim kuvveti dallanmış yapılardan daha fazladır. Bu nedenle eşit karbon sayılı düz zincirli alkanların kaynama noktaları, dallanmış yapılı alkanlardan daha yüksektir.

Alkanların ilk dört üyesi oda koşullarında gaz hâlinde bulunur. Molekül kütlesi arttıkça bunların uçuculukları azalır.



Bunları Biliyor muyuz? 3.1.

Homolog kelimesi Yunanca "homos" (ile aynı) kelimesinden türetilmiştir.

Tablo 3.1'de alkanların ilk on üyesinin formülleri ve adları verilmiştir.

Tablo 3.1: *Alkanların ilk on üyesi*

Karbon Sayısı	Formülü	Adı
1	CH_4	Metan
2	C_2H_6	Etan
3	C_3H_8	Propan
4	C_4H_{10}	Bütan
5	C_5H_{12}	Pentan
6	C_6H_{14}	Hekzan
7	C_7H_{16}	Heptan
8	C_8H_{18}	Oktan
9	C_9H_{20}	Nonan
10	$C_{10}H_{22}$	Dekan

3.1.2.1. Alkanların Adlandırılması

Alkanlar nasıl adlandırılmaktadır? Moleküllerin adlarının bilinmesi neden önemlidir?

Milyonlarca organik bileşik bulunmaktadır. Bu bileşiklerin adlandırılması ile moleküller açık ve net bir şekilde tanınır. Organik kimyanın başlangıcında organik bileşikler; keşfedenin adına, keşfedildiği yere, molekülün şekline ya da elde edildiği doğal kaynağa göre adlandırıldı. Günümüzde bu yaygın ve geleneksel adların birçoğu kullanılmaktadır. Ancak organik bileşik sayısı arttıkça bu yöntemin kullanışsız olduğu anlaşıldı. 1892 yılında Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği [International Union of Pure and Applied Chemistry, kısa adıyla "IUPAC" (İnterneyşınıl Yunyıl of Pür en Eplayt Kemistri)] tarafından önerilen sistematik adlandırma kullanılmaya başlandı. IUPAC sistemine göre adlandırma yapılırken aşağıdaki basamaklar izlenir:

1. Molekülün en uzun karbon zinciri seçilir.

• Eşit uzunlukta iki zincir varsa dallanmanın daha çok olduğu zincir seçilir.

Tablo 3.2: *Bazı sayıların Latince okunuşları*

Sayı	Latince Okunuşu
1	Mono
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta
6	Hekza
7	Hepta
8	Okta
9	Nona
10	Deka

Tablo 3.3: *Karbon zincirine bağlanabilecek bazı atomlar ve atom grupları*

Bağlı Atomlar ya da Gruplar	Adı
R–	Alkil
$-NO_2$	Nitro
$-NH_2$	Amino
–F	Floro
–Cl	Kloro
–Br	Bromo
–I	İyodo
–OH	Hidroksi (oksi)

2. Karbon atomları, dallanmaya yakın olan uçtan başlanarak numaralandırılır.

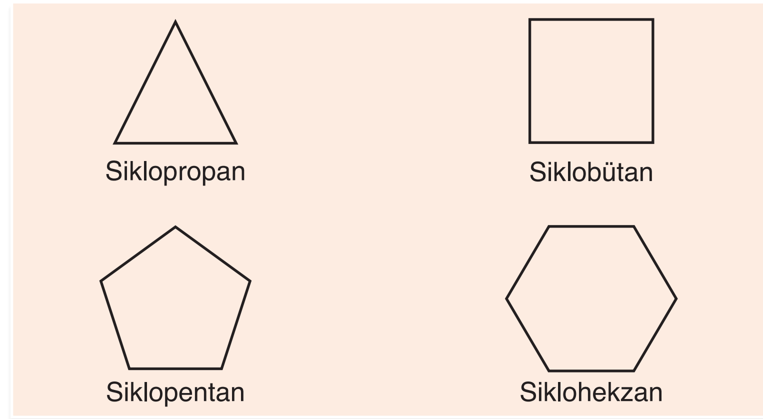
• En uzun zincirin her iki ucundan eşit uzaklıkta dallanmalar varsa üçüncü dallanmaya yakın olan uçtan başlanarak numaralandırılır.

• Üçüncü bir dallanma yoksa alfabetik sıraya göre ilk önce gelen grubun olduğu yerden başlanarak numaralandırma yapılır.

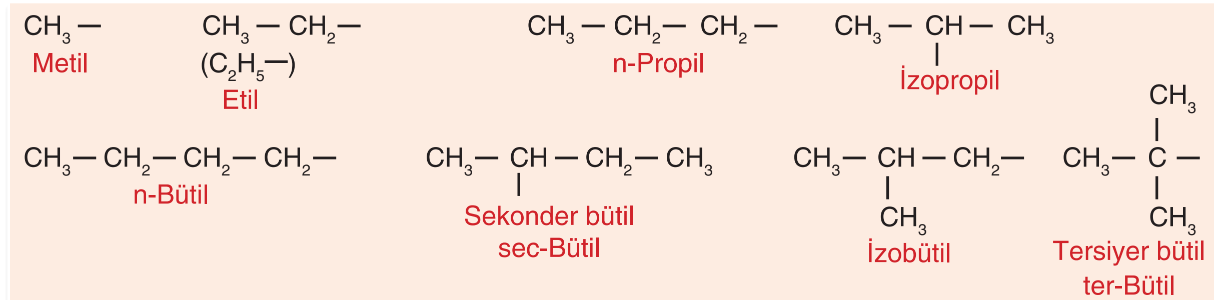
3. Bağlı gruplar alfabetik sıraya göre ve bağlı olduğu karbonun numarası belirtilerek yazıldıktan sonra en uzun zincirdeki karbon sayısına göre alkan adı yazılır.

• Birden fazla aynı grup bağlıysa bu grupların Tablo 3.2'de verilen Latince sayıları (di-, tri- ...) belirtilir.

Halkalı yapıdaki alkanlar adlandırılırken alkan adının önüne "siklo" ön eki getirilir.

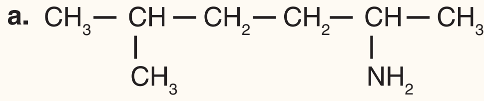


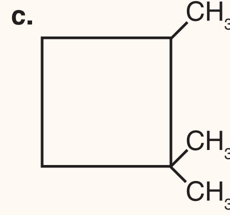
Karbon zincirine bağlanabilecek bazı gruplar ve isimleri Tablo 3.3'de verilmiştir. R– ile gösterilen grup, alkil grubudur. **Alkiller**, alkanlardan bir hidrojen atomunun ayrılması ile oluşur. C_nH_{2n+1} genel formülüne sahiptirler. Alkiller adlandırılırken karbon sayısına karşılık gelen alkan isminin sonundaki "–an" eki çıkarılır, yerine "–il" eki getirilir. Aşağıda sıkça kullanılan bazı alkil grupları verilmiştir.

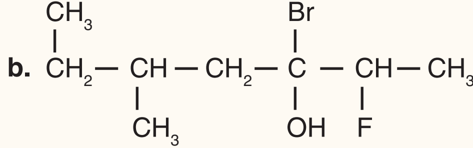


ÖRNEK 3.1.

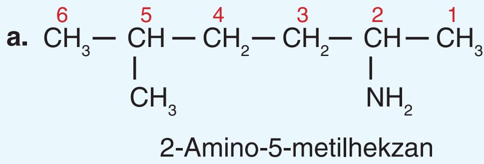
Aşağıda verilen bileşikleri IUPAC sistemine göre adlandıralım.

a. 

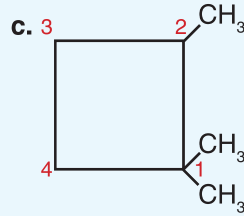
c. 

b. 

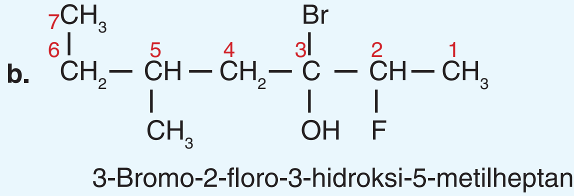
ÇÖZÜM 3.1.

a. 

2-Amino-5-metilhekzan

c. 

1,1, 2-Trimetil siklobütan

b. 

3-Bromo-2-floro-3-hidroksi-5-metilheptan

ÖRNEK 3.2.

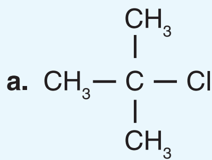
Aşağıda IUPAC sistemine göre adları verilen bileşiklerin formüllerini yazalım.

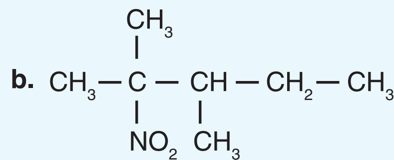
a. Tersiyer bütil klorür

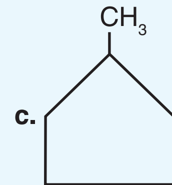
b. 2,3-Dimetil-2-nitropentan

c. Metilsiklopentan

ÇÖZÜM 3.2.

a. 

b. 

c. 



Bunları Biliyor muyuz? 3.2.

Alkanlar, parafinler olarak da adlandırılır. Parafin kelimesi Latince kökenli olup "aktivitesi az" anlamına gelir.

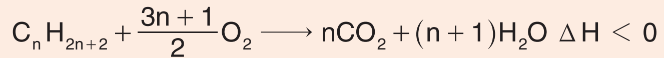


Bunları Biliyor muyuz? 3.3.

Kloroform, I. Dünya Savaşı'nda kimyasal silah olarak kullanılmıştır.

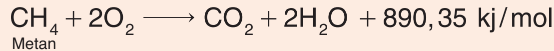
3.1.2.2. Alkanların Kimyasal Özellikleri

Alkan bileşiklerine parafinler de denildiğini öğrenmiştik. Alkanlar tepkime vermeye istekli bileşikler değildir. Alkanların verdiği iki tür reaksiyon vardır. Bunlardan en bilineni şüphesiz yanma reaksiyonudur. Tüm alkan molekülleri oksijenle yanarak karbon dioksit ve su oluşturur.

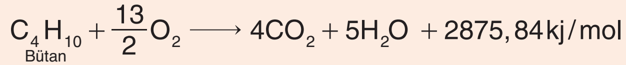


$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O \quad \Delta H < 0$$

Alkanların yanması sırasında açığa çıkan ısı, yakıt olarak kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Benzin, LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı), mazot, doğal gaz vb. maddelerin yapısında alkan molekülleri vardır.



$$\underset{\text{Metan}}{CH_4} + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + 890{,}35\ kj/mol$$



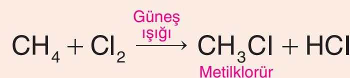
$$\underset{\text{Bütan}}{C_4H_{10}} + \frac{13}{2}O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O + 2875{,}84\ kj/mol$$

Alkanların verdiği bir diğer reaksiyon türü ise halojenlenme reaksiyonudur. Güneş ışığında ya da yüksek sıcaklıklarda alkan molekülündeki hidrojen atomları ile halojen atomları (genellikle klor ya da brom) yer değiştirir.

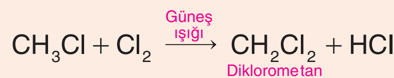


$$R-H + X_2 \xrightarrow{\text{Güneş ışığı}} R-X + HX$$

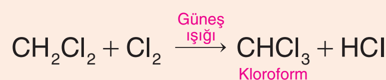
Metanın güneş ışığında klor molekülü ile verdiği yer değiştirme tepkimesi en çok rastlanan halojenlenme reaksiyonudur. Reaksiyon, metandaki tüm hidrojen atomları ile klor atomları yer değiştirinceye kadar devam edebilir.



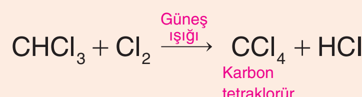
$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{Güneş ışığı}} \underset{\text{Metilklorür}}{CH_3Cl} + HCl$$



$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{\text{Güneş ışığı}} \underset{\text{Diklorometan}}{CH_2Cl_2} + HCl$$



$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{Güneş ışığı}} \underset{\text{Kloroform}}{CHCl_3} + HCl$$

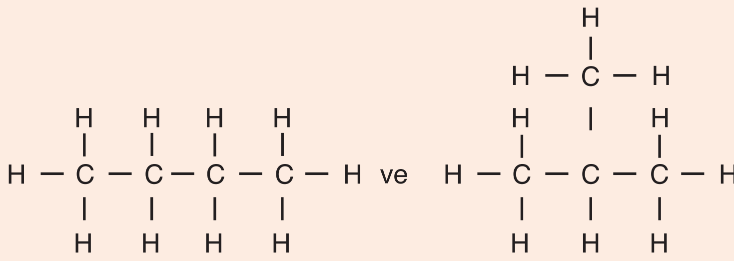


$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{Güneş ışığı}} \underset{\text{Karbon tetraklorür}}{CCl_4} + HCl$$

3.1.2.3. İzomerlik

“Karbon Kimyasına Giriş” ünitesinde bileşiklerin basit ve molekül formüllerinden bahsedilmişti. Bir bileşiğin molekül formülünün bilinmesi ile molekülü oluşturan atomların türleri ve sayıları belirlenebiliyordu. Peki, bu atomların molekülde nasıl düzenlendikleri bilinebilir mi?

Atomların molekülde nasıl düzenlendiklerini molekül formülü ile belirleyemeyiz. Bu belirlemeyi yapabilmemiz için moleküllere ait yapı formüllerine ihtiyaç duyarız. C_4H_{10} molekülüne ait iki yapı formülü vardır yani aynı molekül formülüne sahip iki farklı bileşik yazılabilmektedir.



Aynı molekül formülüne sahip bu bileşikler aynı özelliklere sahip olabilir mi?

Atomların bağlanış biçimleri, uzaydaki konumları, moleküllere ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin belirlenmesini sağlar. Bu nedenle yukarıda verilen iki bileşik, farklı özelliklere sahip olmalıdır.

İlk bileşik, düz zincir yapısındaki alkan bileşiğidir. n-Bütan olarak adlandırılır. Oda koşullarında gaz hâlde bulunan n-Bütanın kaynama noktası –1 °C’tur. İkinci bileşik ise dallanmış yapıya sahip bir alkan molekülüdür. 2–Metil–propan (izo–Bütan) olarak adlandırılır. Oda koşullarında gaz hâlinde bulunur ve kaynama noktası –11,7 °C’tur.

Aynı molekül formülüne sahip farklı bileşiklere **izomer**, bu olaya da **izomerlik** denir. Birbirinin izomeri olan bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklıdır. İzomerler kendi aralarında birçok alt gruba ayrılır.

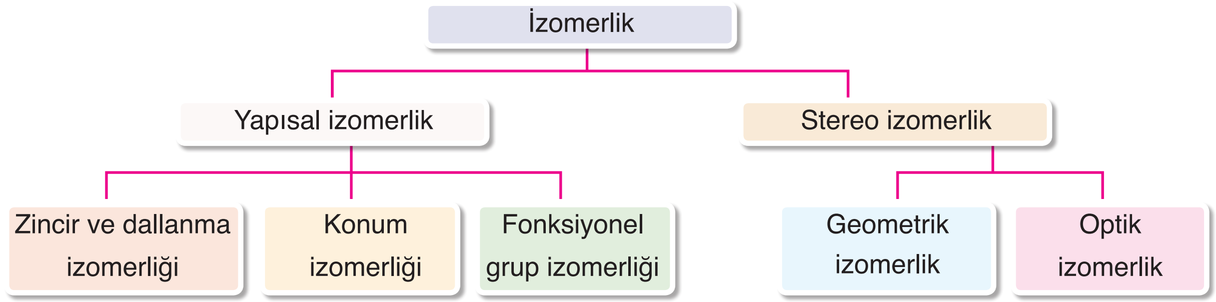
Dikkat 3.2.

Bileşiklerin molekül formülleri, bileşiği oluşturan farklı atomları ve sayılarını; yapı formülü ise atomların molekülde nasıl düzenlendiğini gösterir.



Bunları Biliyor muyuz? 3.4.

İzomer kelimesi Yunanca “isomeros” kelimesinden gelmektedir. İso = eşit, meros = parça anlamındadır.



Bu bölümde yapısal izomerlik üzerinde duracağız. İlerleyen konularda diğer izomerlik çeşitlerini de açıklayacağız.



Bunları Biliyor muyuz? 3.5.

Karbon zincirinde ikinci karbon atomuna bir tane $-CH_3$ (metil) grubunun bağlanması ile oluşan bileşik adlandırılırken "izo" ön eki, iki tane $-CH_3$ grubunun bağlanması ile oluşan bileşik ise "neo" ön eki kullanılarak adlandırılır.

Yapısal İzomerlik

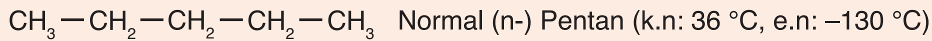
Molekül formülleri aynı, yapı formülleri farklı bileşiklere **yapısal izomeri** denir. Atomların bağlanma türlerine göre yapı izomerliğini üç gruba ayırabiliriz.

Zincir ve Dallanma İzomerliği

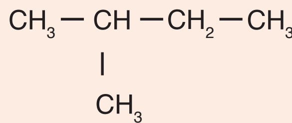
Karbon zincirindeki karbon atomlarının farklı şekillerde dizilmesi ile oluşan izomerlere **zincir ve dallanma izomerliği** denir. Beş karbonlu C_5H_{12} (pentan) bileşiğinde karbon zincirini farklı şekillerde dizerek pentan bileşiğinin izomerlerini bulmaya çalışalım.

Beş karbonlu bir yapıda karbon atomlarını 3 farklı şekilde dizebiliriz. Bir molekülde ikinci karbon atomuna bir tane metil ($-CH_3$) grubunun bağlanması durumunda molekül, izo– ön ekini alarak adlandırılabilir.

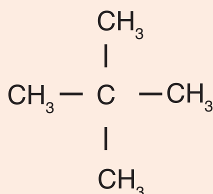
İkinci karbon atomuna iki tane metil ($-CH_3$) grubunun bağlanması durumunda da molekül, neo– ön eki ile adlandırılabilmektedir. Ancak sadece ikinci karbon atomuna ve sadece metil grupları bağlandığında bu şekilde adlandırılır. Ayrıca izo– ya da neo– ön eki kullanıldığında toplam karbon sayısına göre adlandırma yapılır.



Normal (n-) Pentan (k.n: 36 °C, e.n: –130 °C)



İzopentan (2-Netil bütan) (k.n: 28 °C, e.n: –160 °C)

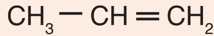


Neopentan (2,2-Dimetil propan) (k.n: 9,5 °C e.n:–16,5 °C)

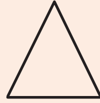
İkinci dizilişte soldan ikinci karbon atomuna bağlanan CH_3– (metil) grubu, sağdan ikinci karbona da bağlanabilirdi. Bu durumda da elde edilen iki molekül de izopentandır. Bu nedenle farklı bir izomer değildir.

Alkan moleküllerinden bir, iki ve üç karbonlu yapılı olanlarda yani CH_4, C_2H_6 ve C_3H_8 bileşiklerinde karbon zincirinin farklı şekillerde dizilmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu bileşiklerin izomerleri yoktur. Tablo 3.4'te alkanların ilk on üyesinin olası izomer sayıları verilmiştir.

Organik bileşiklerde karbon zinciri büyüdükçe izomer sayısı da artar. Zincir yapısına sahip bazı organik bileşiklerin halkalı yapıda izomerleri de bulunabilir. Örneğin C_3H_6 (propen) bileşiği halkalı yapıdaki siklopropan bileşiği ile yapı izomeridir.



Propen



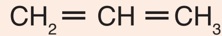
Siklopropan

Bu iki bileşik, birbirinin halka zincir İzomeridir. Genel olarak eşit karbon sayılı alkenler ve sikloalkanlar birbirinin izomeridir.

Ayrıca eşit karbon sayılı alkinlerle sikloalkenler ve alkadienler de birbirleri ile izomer bileşiklerdir.



Propin



Propadien

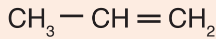


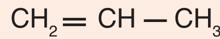
Siklopropen

Konum İzomerliği

Fonksiyonel grubun farklı karbon atomlarına bağlanması ile oluşan izomerlere **konum izomerliği** denir.

Alken ve alkin bileşiklerinde ikili ve üçlü bağın farklı karbon atomlarının arasında bulunması ile konum izomerleri oluşturulabilir.





Sizce yukarıda verilen iki molekül birbirinin konum izomeri olabilir mi?

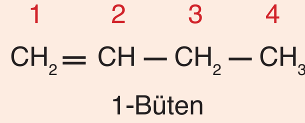
Fonksiyonel grup içeren moleküllerde bileşikler adlandırılırken fonksiyonel gruba yakın olan uçtan başlanarak karbon atomları numaralandırılır. Bu nedenle her iki bileşikte de ikili bağ, bir numaralı karbon atomunda bulunur yani bileşikler birbiri ile özdeştir ve izomer değildir.

***Tablo 3.4:** Alkanların ilk on üyesinin izomer sayısı*

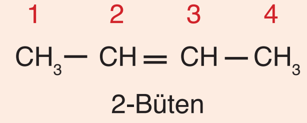
Molekül Formülü	İzomer Sayısı
CH_4	0
C_2H_6	0
C_3H_8	0
C_4H_{10}	2
C_5H_{12}	3
C_6H_{14}	5
C_7H_{16}	9
C_8H_{18}	18
C_9H_{20}	35
$C_{10}H_{22}$	75

Dört karbonlu bir alken olan C_4H_8 (büten) bileşiğinin konum izomerleri yazılabilir mi?

Dört karbonlu bir molekülde ikili bağ, birinci ve ikinci karbon atomları arasında yazılabileceği gibi ikinci ve üçüncü karbon atomları arasında da yazılabilir. Bu nedenle büten bileşiğine ait iki konum izomeri vardır.

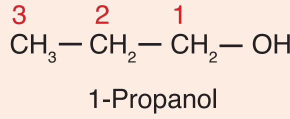


1-Büten

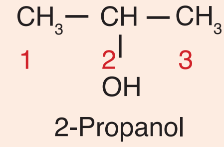


2-Büten

Hidroksil fonksiyonel grubuna sahip alkol bileşiklerinin de konum izomerleri vardır. Alkollerde hidroksil fonksiyonel grubunun farklı karbon atomlarına bağlanması ile konum izomerleri oluşur.

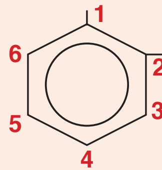


1-Propanol

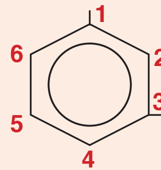


2-Propanol

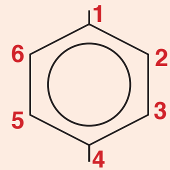
Aromatik hidrokarbonlarda da konum izomerliği vardır. İki atom ya da atom grubu, sizce benzen halkasına kaç farklı şekilde bağlanabilir?



1,2 konumu

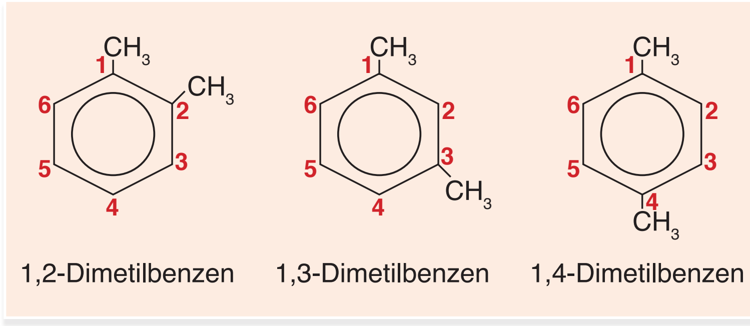


1,3 konumu



1,4 konumu

Yukarıda gösterildiği gibi benzen halkasında bağlanmalar üç farklı şekilde olabilmektedir.



Yapısal izomerliğe ait bir diğer izomerlik çeşidi ise fonksiyonel grup izomerliğidir. Bu izomerlik çeşidi fonksiyonel gruplar bölümünde anlatılacaktır.

3.1.2.4. Alkanların Kullanım Alanları

Alkanlar en çok ısınma ve güç elde etme amacı ile kullanılır. Petrol, alkan ve siklo alkanlardan oluşan kompleks bir sıvı karışımdır. Petrolün damıtılması ile elde edilen doğal gaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), benzin, motorin, fuel oil, kerosen, nafta, gaz yağı, katran, asfalt gibi maddeler alkan molekülleri içerir. Bu maddeler ısınma ve güç elde etme amaçlı kullanılmaktadır.

Günümüzün önemli bir enerji kaynağı olan doğal gaz, yaklaşık olarak %80 oranında metan ve %5 - 10 oranında etanla az miktarda yüksek karbonlu alkan moleküllerinden oluşur.

Sıvılaştırılmış petrol gazı olarak adlandırılan LPG'nin bileşenleri propan ve bütandır. LPG, bazı araçlarda ve mutfak tüplerinde yakıt olarak kullanılmaktadır (Görsel 3.1). Benzin, otomobillerde yakıt olarak kullanıldığı gibi kimya sanayinde kullanılan iyi bir çözücüdür. Motorin dizel araçlarda yakıt olarak kullanılırken kerosen, roket ve jet yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Alkan moleküllerinin bazıları çözücü olarak kullanılmaktadır. Alkan molekülleri apolar yapıdadır. Bu nedenle yağ gibi apolar yapıya sahip moleküllerin çözülmesinde sıklıkla alkanlar kullanılmaktadır. Örneğin hekzan, yağ çözücü ve organik çözücüdür. Heptan ve oktanın yağ çözücü etkisi daha fazladır. Ancak hekzanın bulunması daha kolay olduğu için yağ çözücü olarak daha çok hekzan tercih edilir.

Alkanlar, alkil halojenürlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Alkil halojenürler, polar yapılı moleküllerdir. Bunların kaynama noktaları aynı karbon sayılı alkanlardan daha yüksektir. Bu nedenle alkil halojenürler, yaygın olarak yangın söndürücülerde ve alev geciktiricilerde kullanılmaktadır. Ayrıca freonlar olarak da adlandırılan kloroflorokarbonlar (CFC) düşük kaynama noktasına sahiptir. Bu nedenle buzdolabı ve klima gibi soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır (Görsel 3.2). Zehirsiz ve kokusuz bileşikler oldukları için bazı ilaçlarda ve kozmetik ürünlerde, spreylerde itici gaz olarak da kullanılmaktadır. Ancak ozon tabakasına verdiği





***Görsel 3.1:** Evlerde kullanılan mutfak tüpleri LPG içerir.*



***Görsel 3.2:** Klimalarda freon adı verilen diflordiklor metan kullanılmaktadır.*

Araştıralım 3.1.

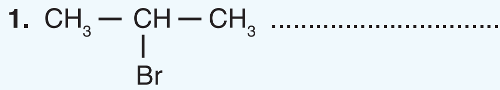
Alkanların kullanım alanları ile ilgili poster hazırlayıp arkadaşlarınızla paylaşınız.

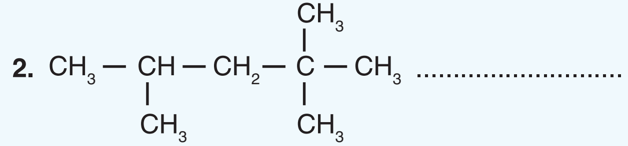
zarardan dolayı günümüzde tercih edilmemektedir. Ozon tabakasına zarar veren bu gazların kullanıldığı ürünleri tercih etmeyerek ve çevremizde varsa, bu ürünleri kullanan kişileri uyararak sürdürülebilir kalkınmaya destek olabiliriz. Ozon tabakasının Dünya'mız için önemini düşünerek sprey kullanımında dikkatli davranmalıyız.

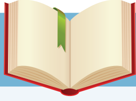
Ayrıca alkanlar, verdikleri yer değiştirme tepkimeleri ile birçok organik bileşiğin elde edilme sürecinde başlangıç maddesi olarak kullanılmaktadır.

Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.1.

Aşağıda verilen bileşikleri adlandırınız.







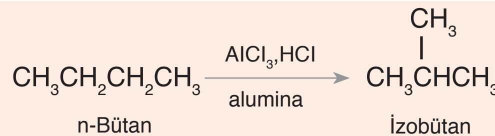
OKUMA METNİ

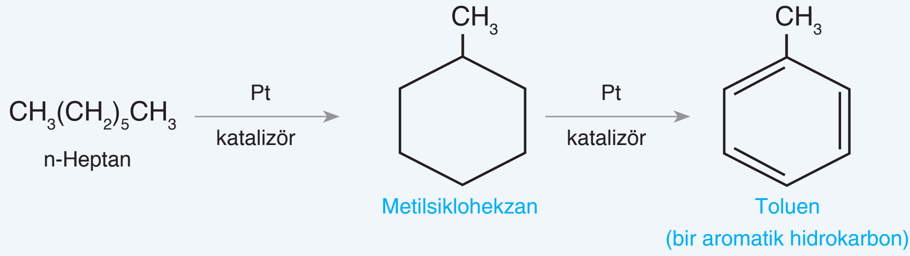
Benzindeki Oktan Sayısı

Benzinin kalitesi oktan numarası denilen bir nicelikle ölçülür. Bazı hidrokarbonlar, özellikle çok fazla dallanmış yapıdakiler, motorda düzgün bir şekilde yanar ve pistonu düzenli bir şekilde ileri iter. Diğer hidrokarbonlar ise özellikle dallanmamış karbon zincirliler, silindirde patlamaya eğilimlidir ve pistonu sert bir şekilde ileri iter. Bu istenmeyen patlamalar, duyulabilen bir vuruntuya neden olur. Benzinlerin bu önemli vuruntu özelliğini sayısal olarak belirtmek için yıllar önce bir ölçek oluşturulmuştur. Hayli dallanmış bir yapıdaki mükemmel bir yakıt olan **izooktan**a (2,2,4-trimetilpentan) keyfî olarak 100 değeri ve çok kötü bir motorlu araç yakıtı olan **heptan**a ise yine keyfî olarak 0 (sıfır) değeri verilmiştir. Oktan sayısı 87 olan bir (normal) benzin, %87 izooktan ve %13 heptandan oluşan bir karışım ile aynı "vuruntu" özelliğine sahiptir.

Benzine küçük miktarlarda **tetraetilkurşun**un, $[(CH_3CH_2)_4Pb]$, katılması oktan değerini iyileştirir fakat çevre kirliliği oluşturduğu için istenmez. Örneğin otomobil (egzoz) dumanlarının şiddetli olduğu yerlerde, küçük çocukların kanlarındaki kurşun seviyesinin belirgin bir artış gösterdiği konusunda bazı kanıtlar vardır. Bununla birlikte, kurşunsuz benzin, çok yüksek yüzdede oktan değeri yüksek hidrokarbonları içermelidir. Bu yüzden, düz zincirli hidrokarbonları daha yüksek oktan değerine sahip dallanmış zincirli hidrokarbonlara dönüştürmek için bir yöntem geliştirmek ya da tetraetilkurşundan daha az zehirli katkı maddeleri bulmak önem kazanmıştır.

Bazı katalizörler, düz zincirli alkanlardan dallanmış zincirli alkanlar üretebilir. **İzomerleşme** denilen bu işlem ticari olarak geniş ölçüde yapılmaktadır.





Benzen ve toluen gibi aromatik hidrokarbonlar da yüksek oktan değerine sahiptir. Alkanları, halkalama ve dehidrojenlemeyle sikloalkan ve aromatik hidrokarbonlara dönüştüren "aromatikleştirme" denen bir işlemde platin katalizör kullanılır. Kuşkusuz, **aromatikleştirme** işleminde büyük miktarlarda hidrojen gazı da oluşur. Böyle bir işlemle günde milyonlarca galon aromatik hidrokarbon üretilir. Bu işlemle üretilen hidrokarbonlar, yalnızca oktan değerini iyileştirmek amacıyla kurşunsuz benzine katmak için değil aynı zamanda, diğer pek çok petrokimya çıkışlı ürüne ham madde sağlamak amacıyla da kullanılır.

*(**Kaynak:** Hart, Harold; Leslie E. Croine, David J. Hart, Christopher M. Hadod, Organik Kimya, çev.: Tahsin Uyar, Recai İnam, Palme Yayınları)*

3.1.3. Alkenler

Karbon atomları arasında en az bir tane ikili bağ içeren alken molekülleri, içerdiği π (pi) bağından dolayı doymamış hidrokarbonlar sınıfında yer alır. Olefinler olarak da adlandırılan alkenlerin genel formülleri sikloalkanlarla aynı olup C_nH_{2n}'dir. Alkenlerin en basit üyesi iki karbonlu etendir (C_2H_4). Eten bileşiği yaygın olarak etilen şeklinde adlandırılır.

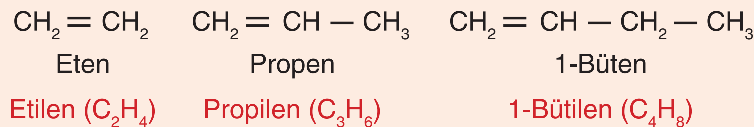


Bunları Biliyor muyuz? 3.6.

Olefin, Latince "oleum facere" yani "sıvı yapan" anlamına gelir. Alkenlere "olefinler" denilmesinin sebebi, alkenlerin katılma tepkimelerinin büyük çoğunluğunda oluşan ürünün sıvı olmasıdır.

3.1.3.1. Alkenlerin Adlandırılması

Alken bileşiklerinin bazıları IUPAC dışında yaygın adları ile bilinir. Yaygın adlandırılmalarında alkan isminin sonundaki -an eki çıkarılıp yerine "-en" ya da "-ilen" eki getirilir.



IUPAC sistemine göre alken moleküllerinin adlandırılmaları alkanlara benzer. Alkenlerde ikili bağ fonksiyonel grup olduğu için adlandırmada bu durum göz önüne alınmalıdır. Alken adlandırmasında şu basamaklar izlenmelidir:

1. İkili bağı içine alan en uzun karbon zinciri seçilir.

2. İkili bağın yakın olduğu uçtan başlanarak karbon atomları numaralandırılır.

• İkili bağın her iki uçtan eşit uzaklıkta olması durumunda, zincire bağlı grup varsa gruba yakın uçtan başlanarak numaralandırma yapılır.

• Bağlı gruplar eşit uzaklıkta olduğunda ise tıpkı alkanlardaki gibi önce dallanmanın çok olduğu yerden başlanır. Dallanma da eşitse alfabetik olarak önce gelen grubun olduğu yerden numaralandırma yapılır.

3. Bağlı gruplar alfabetik sıraya göre ve bağlı olduğu karbonun numarası belirtilerek yazılır.

4. İkili bağın yeri, o bağın en küçük karbon atomunun numarası ile belirtilir. En uzun zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen alkan adının sonundan -an eki çıkarılıp -en eki getirilerek adlandırma yapılır.

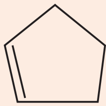
5. Birden fazla ikili bağ içeren moleküllerde ikili bağların yerleri, o bağların bulunduğu karbon atomlarına en küçük sayı gelecek şekilde numaralandırılarak belirtilir. Moleküldeki ikili bağ sayısı "-dien", "-trien" gibi Latince sayılarla ifade edilerek adlandırma yapılır.

Sikloalkenlerin adlandırılmasında numaralandırmaya, ikili bağın olduğu karbon atomlarından başlanır.

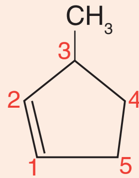


Dikkat 3.3.

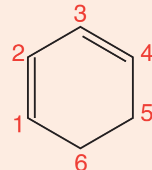
Ardışık karbon sayısına sahip iki alken molekülü arasında — CH_2 — (metilen) grubu kadar fark vardır. Bu nedenle alkenler de tıpkı alkanlar gibi homolog seri oluşturur.



Siklopenten



3-Metilsiklopenten

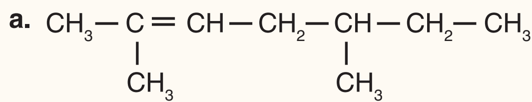


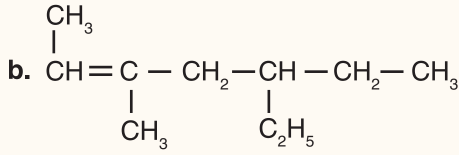
1,3 - Siklohekzadien

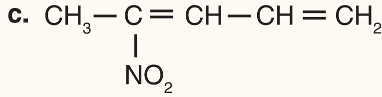
ÖRNEK 3.3

Aşağıda verilen alkan bileşiklerini IUPAC sistemine göre adlandıralım.

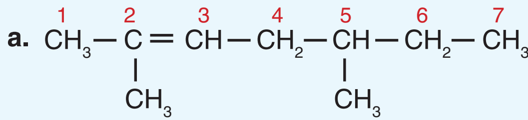
a.



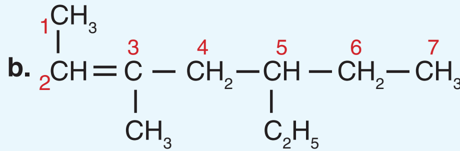




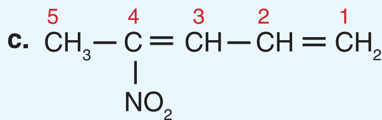
ÇÖZÜM 3.3



2,5-Dimetil-2-hepten



5-Etil-3-metil-2-hepten



4-Nitro-1,3-pentadien

3.1.3.2. Alkenlerde Cis-Trans İzomerliği

Alkanlar bölümünde izomerleri yapı izomerliği ve stereo izomerliği izomerlik olarak ikiye ayırmıştık. Stereo izomerlik üç boyut izomerliği olarak bilinir. Atomlarının birbirine bağlanma düzenleri aynı, uzaydaki yönelişleri farklı olan moleküllere birbirinin **stereo izomerleri** denir. Stereo izomerliği, geometrik izomerlik ve optik izomerlik olarak ikiye ayırmıştık. Cis-trans izomerliği, geometrik izomerliğin alt grubudur.

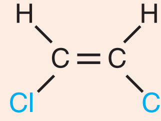
Alken molekülündeki ikili bağ, atomun ve atom gruplarının bağ ekseni etrafında dönmelerini engeller. Bu nedenle aynı düzlem



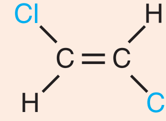
Bunları Biliyor muyuz? 3.7.

Alken molekülünde ikili bağın karbonlarına bağlı alkil grubu sayısı ne kadar fazlaysa alken o kadar kararlıdır.

üzerindeki atom ya da atom grupları farklı konumlarda bulanabilir. Aynı düzlem üzerindeki atom ya da atom gruplarının iki farklı konumda olmasına **cis-trans izomerlik** denir. Örneğin 1,2-Dikloroeten olarak adlandırılan iki farklı molekül vardır.



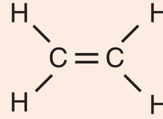
cis-1,2-Dikloroeten
kn: 60 °C, en: –80 °C



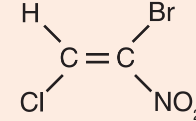
trans-1,2-Dikloroeten
kn: 47 °C, en: –50 °C

Cis, "aynı tarafta" ve trans "çapraz" anlamındadır. Bu nedenle cis-1,2-Dikloroeten bileşiğinde Cl atomları düzlemin çift bağa göre aynı tarafında, trans-1,2-Dikloroeten bileşiğinde ise çift bağa göre çapraz yönde bulunur. Molekül yapılarındaki bu farklılık nedeniyle bileşikler, farklı fiziksel özelliklere sahiptir.

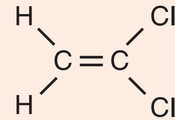
İkili bağın ucundaki karbon atomlarından birine, aynı atom ya da atom grupları bağlıysa, ikili bağın ucundaki karbon atomlarına bağlı atomun ya da atom gruplarının hepsi farklı ise ya da aynı karbon atomuna aynı diğer karbon atomuna farklı atom ya da atom cis-trans izomerliği yoktur.



Eten
Cis-trans izomerlik yoktur.



Bromo-kloro-nitro-eten
Cis-trans izomerlik yoktur.



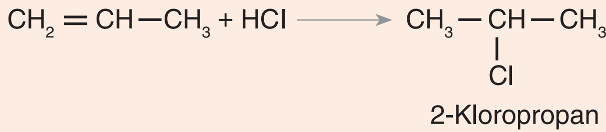
1,1-Dikloroeten
Cis-trans izomerlik yoktur

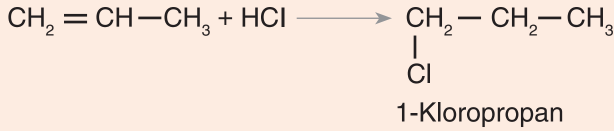
3.1.3.3. Alkenlerin Kimyasal Özellikleri ve Kullanım Alanları

Alkenlerin yapılarında bulunan π (pi) bağı, bu bileşiklerin etkin (fonksiyonel) kısımlarıdır. Bu nedenle alkenlerin en karakteristik tepkimeleri, π (pi) bağının kırılması ile gerçekleşen katılma tepkimeleridir. Alkenlere hidrojen halojenür (halojenür asidi) katılması ile alkil halojenürler elde edilir.



Etene, HCl katılma tepkimesinde pi bağı kırılır ve birer bağı eksik kalan karbon atomlarına H ve Cl atomları bağlanır. Eten bileşiğinde H ve Cl atomlarının hangi karbona bağlandığı önemli değildir. Çünkü hangi karbona bağlanırsa bağlansınlar oluşan ürün hep aynıdır. Ancak daha çok karbon atomlu alkenlerde hidrojen ve halojen atomlarının hangi karbona bağlandığı önem taşır.





Yukarıdaki tepkimede olduğu gibi propene, HCl katıldığında iki olasılık söz konusudur: Propene HCl katılması ile 2-Kloropropan ya da 1-Kloropropan oluşabilir. Yapılan deneyler, bir ürünün diğerinden daha fazla miktarda oluştuğunu göstermiştir. Peki, hangi ürün daha fazla miktarda oluşmuştur?

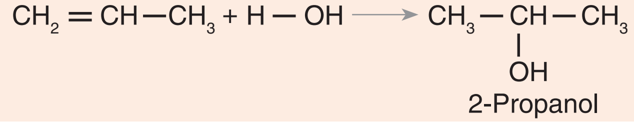
Daha fazla miktarda oluşan ürün yani ana ürün 2-Kloropropandır. Bu ürünün oluşumunu Markovnikov Kuralı açıklar. Bu kurala göre, simetrik olmayan alkenlere hidrojen halojenürler gibi asimetrik gruplar katılırken asimetrik grubun pozitif kısmı, ikili bağda en çok hidrojeni bulunan karbon atomuna; negatif kısmı ise diğer karbon atomuna bağlanarak ana ürünü oluşturur. Hidrojen halojenürlerde hidrojen, pozitif kısım; halojen ise negatif kısımdır. Bu nedenle propene HCl katıldığında oluşan 2-Kloropropan bileşiği ana üründür.

Alken bileşiğine H_2O katılması ile alkol bileşikleri oluşur. Ancak alkenler suda çözünmediği için tepkime, asit katalizörlüğünde gerçekleşir. Peki, katılma ürünü yine Markovnikov Kuralı ile belirlenebilir mi?

Araştıralım 3.2.

Alkenlerin kullanım alanları ile ilgili sunum hazırlayınız. Uygun bir derste sunumunuzu arkadaşlarınızla paylaşınız.

Bu kural asimetrik grupların katılımını açıkladığı için H_2O katılmasını da açıklar. Bu kurala göre H atomu ikili bağ karbonlarından hidrojeni çok olana, –OH ise diğerine bağlanarak ana ürünü oluşturur.



$$CH_2=CH-CH_3 + H-OH \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

2-Propanol



Görsel 3.3: *Havuçta bulunan β-karoten, alken molekülüdür.*



Görsel 3.4: *Etilen hormonu birçok meyvenin olgunlaşmasında kullanılmaktadır.*

Alkenlerin en önemli kullanım alanlarından biri, alkil halojenür ve alkollerin üretimidir. Alkenler bu alanda ham madde olarak kullanılmaktadır.

Alkenler gıda ve tarım endüstrisinde de çokça kullanılmaktadır.

A vitamini kaynağı olan havuca rengini veren β-karoten, $C_{40}H_{56}$ genel formülüne sahip on bir ikili bağ içeren bir alken bileşiğidir (Görsel 3.3). β-karoten, 20 karbonlu doymamış bir alkol olan retinolün (A vitamini) oluşumunda başlangıç maddesi olduğu için önemli bir bileşiktir.

En küçük alken molekülü olan etilen aynı zamanda tohumların filizlenmesini, çiçeklerin açmasını, meyvelerin olgunlaşmasını sağlayan bir bitki hormonudur. Çok az miktarda bile etkin olan etilen hormonu; buğday, elma, kiraz, pamuk, tropik meyveler gibi pek çok ürünün büyümesini düzenlemektedir (Görsel 3.4).

Kimya endüstrisinde kullanılan en önemli alken bileşiği de etilendir. Etilen özellikle polimer sanayisinde sıkça kullanılır. Polimerler "monomer" adı verilen küçük molekül birimlerinin birbirine bağlanması ile oluşur. Alken molekülleri çoğunlukla katılma polimerleşmesi verir. Bu polimerleşme sırasında monomer olan alken molekülündeki π (pi) bağı kırılır ve monomerler birbirine zincir şeklinde bağlanarak polimer molekülünü oluşturur. Alken moleküllerinin polimerleşmesi sonucu çok sayıda önemli polimer bileşiği elde edilir. Evlerimizde kullandığımız teflon tavalar, otomobil lastiklerinde kullanılan sentetik kauçuklar, kıyafetlerimizde kullanılan orlon, gündelik hayatta sıklıkla karşılaştığımız polimerlerdir. Bazı önemli polimerler ve kullanım alanları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Bazı polimerler ve kullanım alanları

Monomer	Polimer	Kullanım Alanı
$n\,[CH_2{=}CH_2]$ Etilen	$-[CH_2-CH_2]_n-$ Polietilen	En fazla tüketilen ticari polimerdir. Boru, selefon bant, yiyecek paketleri, plastik oyuncak yapımında kullanılır.
$n\,[CH_2{=}CHCl]$ Vinilklorür	$-[CH_2-CHCl]_n-$ Polivinilklorür	Su borusu, hortumlar, elektrik kabloları, priz, büro malzemeleri, plastik perde, conta, cam çerçeveleri, suni deri yapımında kullanılır.
$n\,[CH_2{=}C(CH_3)_2]$ İzobütilen	$-[CH_2-C(CH_3)_2]_n-$ Poliizobütilen	Selobantlar ve kâğıt etiketlerde yapıştırıcı, motor yağlarında ise katkı maddesi olarak kullanılır.
$n\,[CCl_2{=}CCl_2]$ Tetrakloreten	$-[CCl_2-CCl_2]_n-$ Politetrakloreten	Kuru temizlemede çözücü ve temizleyici olarak kullanılır. Metal temizleyici olarak da kullanılmaktadır.
$n\,[CF_2{=}CF_2]$ Tetrafloreten	$-[CF_2-CF_2]_n-$ Politetrafloreten (Teflon)	Yapışmaz tava ve tencere yapımında kullanılır.
$n\,[CH_2{=}C(CH_3)-CH{=}CH_2]$ 2-metil-1,3-bütadien	$-[CH_2-C(CH_3){=}CH-CH_2]_n-$ Poliizopren	Araba tekerliği iç lastiği, lastik eldiven, ayakkabı tabanı ve diş fırçası, tarak gibi aletlerin saplarının yapımında kullanılır.
$n\,[CH_2{=}CH-CH{=}CH_2]$ 1,3-bütadien	$-[CH_2-CH{=}CH-CH_2]_n-$ Yapay kauçuk	Otomobil lastiği ve otomobil iç aksamlarının yapımında kullanılır.

Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.2.

1. Aşağıda isimleri verilen alkenleri formülleri ile eşleştiriniz.

İsim	Formül
1. 3,5-Dimetil-2-hekzen	**a.** $CH_3-CH(C_2H_5)-CH=C(CH_3)-CH_3$
2. 2,4-Dimetil-2-hekzen	**b.** $CH_3-CH(CH_3)-CH=C(C_2H_5)-CH_2-CH_3$
3. 4-Etil-2-metil-3-hekzen	**c.** $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(CH_3)=CH-CH_3$

2. Aşağıda verilen bileşiklerin varsa cis–trans izomerlerini tablodaki boş bırakılan yerlere yazınız.

Bileşik	Cis–	Trans–
2–Büten		
2,3–Dimetil-1-büten		
2,3–Dikloro-2-penten		
2–Metilpropen		

3.1.4. Alkinler

Karbon atomları arasında en az bir üçlü bağ içeren alkin molekülleri C_nH_{2n-2} genel formülüne sahiptir. Yapılarında π (pi) bağı içerdikleri için doymamış hidrokarbondurlar. En küçük üyesi C_2H_2, **etin** ya da **asetilen** olarak adlandırılır. Alkinler asetilen sınıfı bileşikler olarak da tanınır. Üçlü bağ içeren karbon atomları sp hibritleşmesi yapmıştır. Alkinlerin molekül geometrileri doğrusaldır. Alkinler cis-trans izomerlik göstermez.

Dikkat 3.4.

Ardışık karbon sayılı iki alkin molekülü arasında $-CH_2-$ (metilen) grubu kadar fark vardır. Bu nedenle alkinler de tıpkı alkanlar gibi homolog seri oluştururur.

3.1.4.1. Alkinlerin Adlandırılması

Alkin bileşiklerinin adlandırılması alkanların ve alkenlerin adlandırılmasına benzer. Alkan adlandırılmasında son ek "-an", alkende "-en", alkinde ise "-in"dir. Alkinlerde üçlü bağ fonksiyonel gruptur. Bu nedenle adlandırma yapılırken üçlü bağ göz önünde tutulmalıdır. Alkin bileşiklerinin IUPAC sistemine göre adlandırılmasında aşağıdaki basamaklar izlenir.

1. Üçlü bağı içine alan en uzun karbon zinciri seçilir.

2. Üçlü bağın yakın olduğu uçtan başlanarak karbon atomları numaralandırılır.

- Üçlü bağın her iki uçtan eşit uzaklıkta olması durumunda varsa bağlı gruba yakın uçtan başlanarak numaralandırma yapılır.
- Bağlı gruplar eşit uzaklıkta ise tıpkı alkanlardaki gibi önce dallanmanın çok bulunduğu yerden başlanır. Dallanma da eşitse alfabetik olarak önce gelen grubun bulunduğu yerden numaralandırma yapılır.

3. Bağlı gruplar alfabetik sıraya göre ve bağlı olduğu karbonun numarası belirtilerek yazılır.

4. Üçlü bağın yeri, o bağın en küçük numaralı karbon atomunun numarası ile belirtilir. En uzun zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen alkan adının sonundan "-an" eki çıkarılır ve buraya -in eki getirilerek bileşik adlandırılır.

Bazı bileşiklerde ikili ve üçlü bağ birlikte bulunabilir. Bu durumda adlandırma alkene göre yapılır. Karbon atomlarının numaralandırması yapılırken ise bağların zincirin uçlarından uzaklığına bakılır. Hangi bağ, zincirin ucuna daha yakınsa o bağa yakın yerden numaralandırma yapılır. Bileşik, alkene göre adlandırılır ve alken adının sonuna üçlü bağın bağlı olduğu karbon atomu numarası belirtilerek –in eki getirilir.

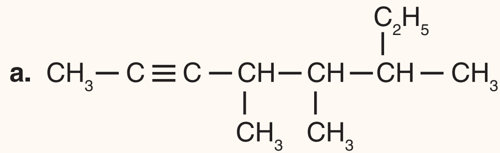
Dikkat 3.5.

Bir molekülde ikili ve üçlü bağ birlikte bulunuyorsa ve bağlar, zincirin her iki ucundan eşit uzaklıktaysa karbon atomları, ikili bağ en küçük numarayı alacak şekilde numaralandırılır.

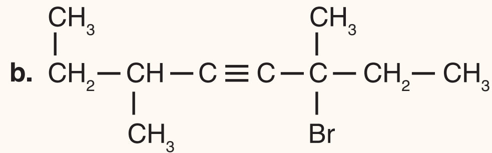
ÖRNEK 3.4.

Aşağıda verilen alkin bileşiklerini IUPAC sistemine göre adlandıralım.

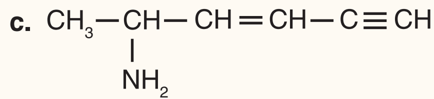
a.



b.

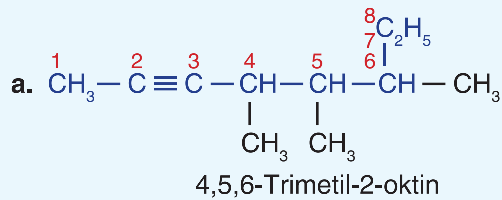


c.



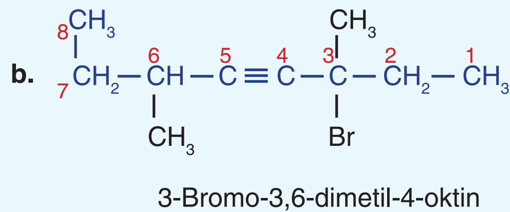
ÇÖZÜM 3.4.

a.



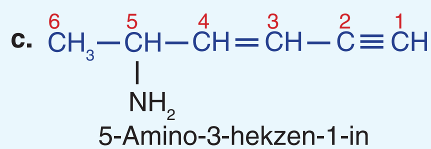
4,5,6-Trimetil-2-oktin

b.



3-Bromo-3,6-dimetil-4-oktin

c.



5-Amino-3-hekzen-1-in

Alkin bileşiklerine asetilen sınıfı bileşikler denilmesinin nedeni yaygın adlandırmada asetilen kelimesinin kullanılmasıdır. Tablo 3.6'te bazı alkin bileşiklerinin IUPAC ve yaygın adları verilmiştir.

Tablo 3.6: *Bazı alkin bileşiklerinin IUPAC ve yaygın adları*

Bileşik	IUPAC Adı	Yaygın Adı
$CH \equiv CH$	Etin	Asetilen
$CH \equiv C - CH_3$	Propin	Metil asetilen
$CH \equiv C - CH_2 - CH_3$	1-Bütin	Etil asetilen
$CH_3 - C \equiv C - CH_3$	2-Bütin	Dimetil asetilen
$CH \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$	1-Pentin	n-Propil asetilen

3.1.4.2. Asetilen

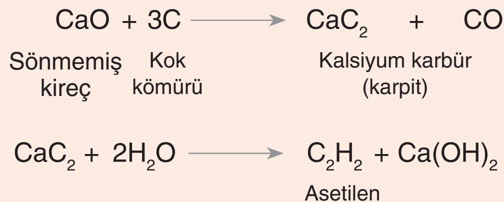
Endüstride geniş kullanım alanına sahip asetilen, en çok polimer sanayisinde kullanılmaktadır. Endüstriyel açıdan önemli olan polivinil klorür, vinil asetilen, benzen gibi pek çok maddenin çıkış maddesidir. Asetilenin yanması ile oluşan alevlerin sıcaklığı çok yüksektir. Bu nedenle metallerin kesilmesinde, bükülmesinde ve kaynak yapımında da asetilenden yararlanılır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: *Metallerin kesilmesi işlemlerinde asetilen kullanılmaktadır.*

Endüstride asetilen çeşitli yöntemlerle elde edilebilmektedir. Bu yöntemlerden en bilineni ve eskisi kalsiyum karbürün (karpit) su ile tepkimesidir.

Sönmemiş kireç (CaO) ve kok kömürünün elektrik fırınlarında yüksek sıcaklıklarda ısıtılması ile kalsiyum karbür (CaC_2) ve karbon monoksit (CO) elde edilir. Kalsiyum karbürün daha sonra su ile tepkimesi sonucu asetilen (C_2H_2) ve kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) oluşur.

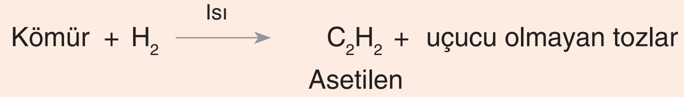






Görsel 3.6: *Cam çerçeveleri ve tesisat malzemelerinde kullanılan PVC, asetilenden elde edilir.*

Asetilen, birkaç bin santigrat derecedeki ark reaktörlerinde H_2 gazı kullanılarak kömürden elde edilebilmektedir.

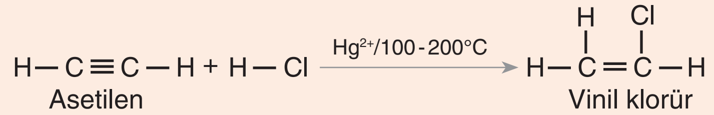


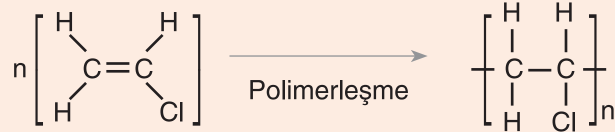
$$\text{Kömür} + H_2 \xrightarrow{\text{Isı}} \underset{\text{Asetilen}}{C_2H_2} + \text{uçucu olmayan tozlar}$$

Asetilen, petrolden kraking yöntemi ile de elde edilmektedir. Bu yöntemde petrolün yüksek sıcaklıkta ve basınçta parçalanmasıyla asetilen ve diğer maddeler elde edilir.

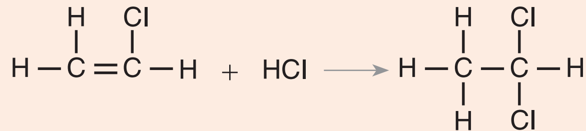
Asetilen, katılma tepkimeleri vererek çok kullanışlı alken monomerlerini oluşturmaktadır. Alkin molekülünün verdiği bazı önemli katılma tepkimeleri ve oluşturduğu ürünler aşağıda verilmiştir.

Asetilene, HCl katılması ile vinil klorür elde edilir. Vinil klorür; cam çerçeveleri, priz, elektrik ve tesisat malzemeleri vb. yapımında kullanılan polivinil klorürün (PVC) monomeridir (Görsel 3.6).





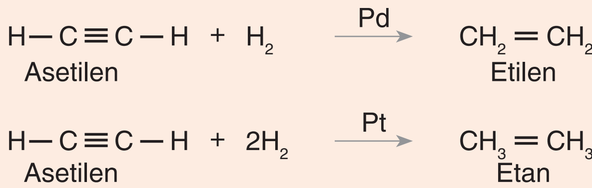
Asetilen, iki pi bağı içerdiği için bir mol asetilene iki mol HCl katılabilir. Asetilene iki mol HCl katılırken önce bir mol katılır ve vinilklorür bileşiği oluşur. Sonra oluşan vinilklorür bileşiğine ikinci mol HCl Markovnikov Kuralına göre katılır.



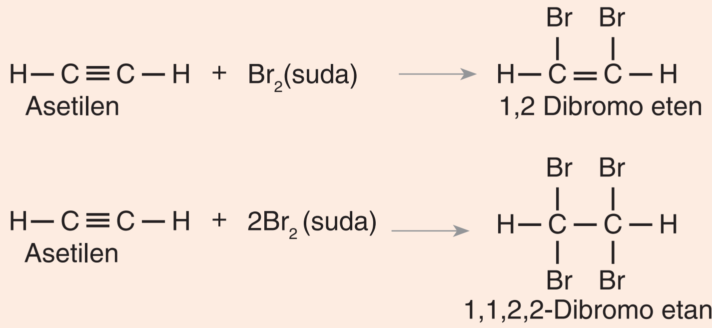
Asetilene, HCN katılması ile akrilik elyaf yapımında kullanılan propennitril (akrilonitril) elde edilir. Bu elyaflar, giysi ve kilim yapımında kullanılmaktadır.

Asetilen molekülü başka bir asetilen molekülü ile de katılma tepkimesi verebilir. Bu tepkimede, plastik sanayisinde çokça kullanılan vinil asetilen bileşiği oluşur.

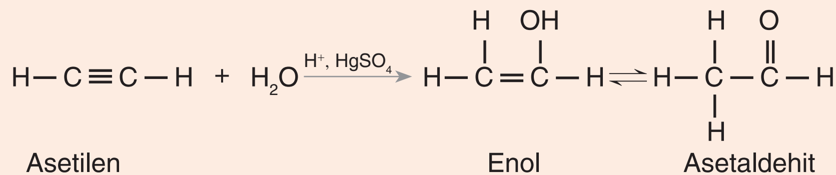
Asetilene hidrojen katılarak doymuş hidrokarbon elde edilebilir. Bir mol asetilene paladyum(Pd) katalizörlüğünde bir mol H_2 katılması ile alken, platin (Pt) katalizörlüğünde iki mol hidrojen katılması ile alkan oluşur.



Asetilen, diğer tüm alkin bileşikleri gibi halojenlerle katılma tepkimesi verir ve Br_2'li suyun kırmızı rengini giderir. Bir mol asetilene bir mol Br_2 katılırsa 1,2-Dibromo eten, 2 mol Br_2 katılırsa 1,1,2,2-Tetrabromo etan elde edilir.



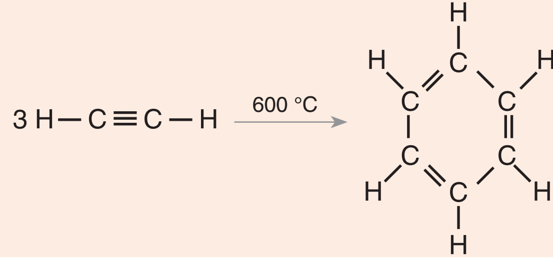
Asetilen su ile de katılma tepkimesi verir. Asetilene bir mol su katıldığında önce kararsız bir bileşik olan enol oluşur. Sonra bu bileşik denge tepkimesi ile asetaldehite dönüşür. Asetilen dışındaki aklinler de su ile katılma tepkimesi verir. Önce yine enol bileşiği oluşur. Sonra enol denge tepkimesi ile ketona dönüşür.



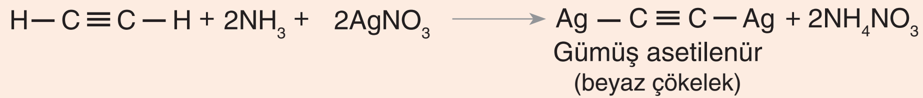


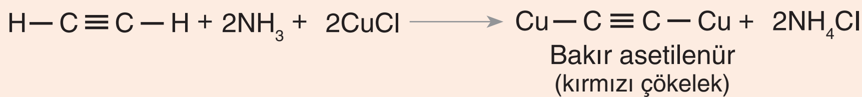
Görsel 3.7: *Güneş pillerinde, iletken bir polimer olan poliasetilen kullanılır.*

Asetilen, polimerleşerek poliasetileni oluşturur. Poliasetilen ($[-CH=CH-]_n$) iletken bir polimerdir. Güneş pili (Görsel 3.7) ve yarı iletken malzemelerin yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca asetilen, kızdırılmış bakır tüpten geçirildiğinde trimerleşerek benzen molekülünü oluşturur.



Asetilen molekülü birçok metal katyonu ile etkileşerek asetilenür tuzları oluşturmaktadır. Bu tuzlardan gümüş ve bakır asetilenür tuzları kararsız tuzlardır ve birincil patlayıcıdır. Asetilen Tollens ve Fehling çözelitileri ile tepkimeye girerek bu tuzları oluşturur. Tollens çözeltisi amonyaklı $AgNO_3$ (gümüş nitrat) çözeltisi; fehling çözeltisi ise amonyaklı CuCl (bakır (I) klorür) çözeltisidir. Asetilenin amonyaklı $AgNO_3$ (gümüş nitrat) çözeltisi ile tepkimesinden gümüş asetilenür oluşurken amonyaklı CuCl (bakır (I) klorür) çözeltisi ile tepkimesinden bakır asetilenür oluşur. Bu tepkime bir yer değiştirme tepkimesidir. Asetilendeki H atomları ile Ag ya da Cu atomları yer değiştirir. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için üçlü bağın olduğu karbon atomlarında hidrojen atomu bulunmalıdır.







Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.3.

Aşağıda adları verilen bileşiklerin formüllerini yazınız.

a. Tersiyer bütil asetilen

b. 3,4-Dimetil-3-nitro-1-pentin

c. İzopropil metil asetilen

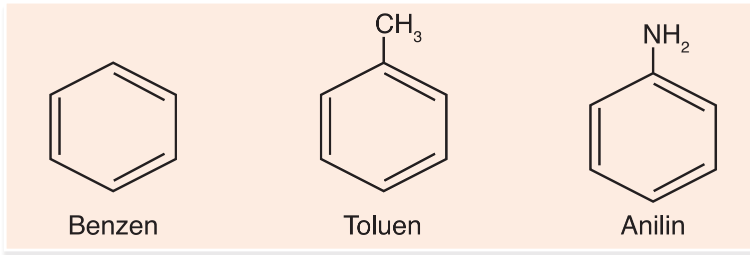
ç. 2,5-Dimetil-3-heptin

3.1.5. Aromatik Bileşikler

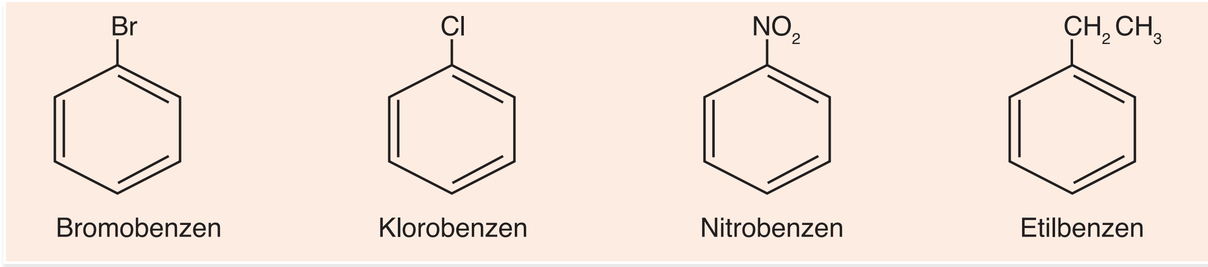
Yapısında genellikle benzen halkası bulunduran bileşikler **aromatik bileşikler**dir. Aromatik bileşikler **arenler** olarak da adlandırılır. Aromatik bileşiklerin büyük bir kısmı kuvvetli ve kendilerine has kokuya sahip olup çok kararlıdır. Bu bileşikler yer değiştirme reaksiyonu verir. Bunların yapılarında bulunan π (pi) bağları bozunmadan kalır.

3.1.5.1. Aromatik Bileşiklerin Adlandırılması

Aromatik bileşiklerin çoğu yaygın adları ile tanınır. Günümüzde de bu yaygın adlar kullanılmaktadır.



Bazı aromatik bileşiklerin ise yaygın adları yoktur. IUPAC sistemi, bu bileşikleri benzen türevleri şeklinde adlandırır.

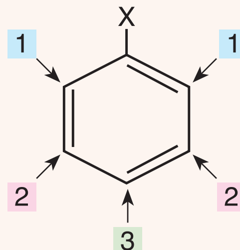


Benzen halkasına, iki atom ya da atom grubu üç izomer oluşturacak şekilde bağlanabilir.

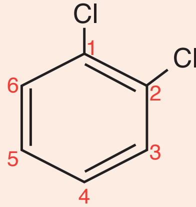


Hatırlayalım 3.1

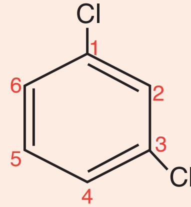
Benzen halkasına ilk –X atom ya da atom grubu bağlandığında diğer grubun bağlanabileceği yerler aşağıdaki benzen halkası üzerinde gösterilmektedir.



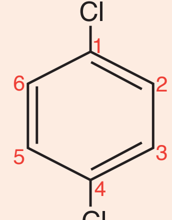
Örneğin benzen halkasına iki klor atomu aşağıdaki şekillerde bağlanabilir.



1,2-Dikloro-benzen

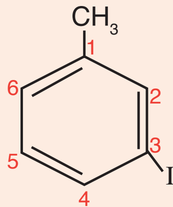


1,3-Dikloro-benzen

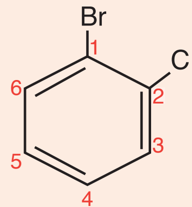


1,4-Dikloro-benzen

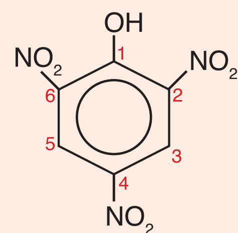
Benzen halkasına farklı atom ya da atom grupları bağlandığında bileşiğin adlandırılmasında iki farklı yol izlenir. Eğer aromatik bileşiğin adı toluen, fenol gibi yaygın bir ad ise bu adı sağlayan grubun (örneğin, toluende CH_3— grubu) 1 numaralı karbon atomunda olduğu kabul edilir. Aksi takdirde bağlı atom ya da atom grupları alfabetik olarak sıralanır ve halkadaki karbon atomları, bağlı atom ya da atom gruplarına en küçük numaralar gelecek şekilde numaralandırılır.



3–İyodotoluen



1–Bromo–2–klorobenzen



2, 4, 6–Trinitrofenol

3.1.5.2. Bazı Önemli Aromatik Bileşikler

Benzen

Aromatik bileşiklerin anası olarak kabul edilen benzen, hoş kokulu bir bileşiktir. C_6H_6 genel formülüne sahip olan benzen, yapısında 3 tane π (pi) bağı içerdiği için doymamıştır. Ancak alken ve alkin gibi diğer doymamış moleküllerden farklı özellikler gösterir. Örneğin benzen, katılma tepkimesi vermeye yatkın değildir.

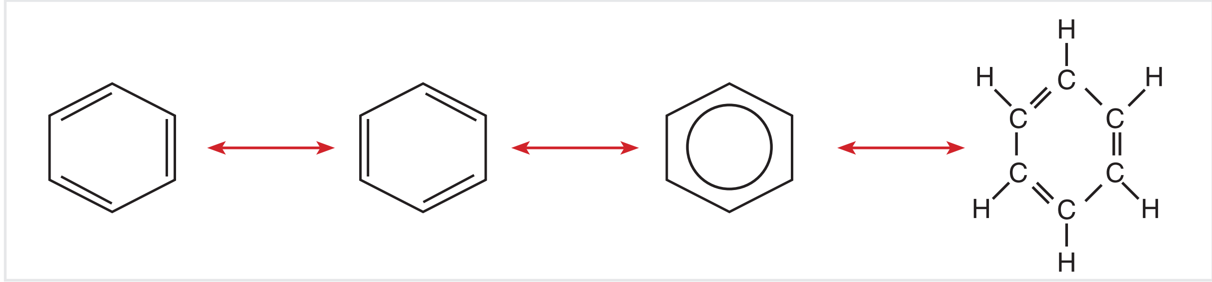
Benzen halkasındaki tüm karbon atomları sp^2 hibritleşmesi yapmıştır. Benzen halkasındaki π (pi) bağları delokalizedir. Yani



Bunları Biliyor muyuz? 3.8.

Benzen molekülü, 1825 yılında Michael Faraday tarafından balina yağından elde edilmiştir.

sürekli hareket eder. Bu nedenle benzen molekülü altıgen içine daire çizilerek de gösterilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: *Benzen molekülünün geometrik gösterilişi*

Benzenin erime noktası 5,5 °C, kaynama noktası ise 80,1 °C'tur. Oda koşullarında sıvı hâlde bulunan benzen, iyi bir çözücüdür.

Endüstride geniş kullanım alanı olan benzen, birçok maddenin sentezlenmesinde başlangıç maddesidir. Örneğin plastik sanayisinde kullanılan stirenin ve fenolün, boya yapımında kullanılan anilinin başlangıç maddesi benzendir. Ayrıca benzen, sentetik deterjanların üretiminde ve böcek öldürücü ilaçlarda da kullanılmaktadır. Ancak benzen halkası, doğadaki mikroorganizmalarca parçalanamamaktadır. Bu nedenle benzenin çevreyi kirletici etkisi vardır. Sentetik deterjanların kullanımı doğaya zarar vermektedir. Üretici firmaların ürünlerinin içeriğini gerçeğe uygun olarak ambalajlarında belirtmeleri tüketicilerin en doğal hakkıdır. Bizler de çevremizi korumak için çevreye zararlı ürünleri kullanmamalı ve çevremizde bunları kullanan kişiler varsa onları uyarmalıyız.



Görsel 3.8: *Kışlık kıyafetler saklanırken bunları güvelerden korumak için naftalin kullanılır.*

Naftalin

Sandık eşyaları açıldığında ya da anneleriniz yaz sonunda kışlık çamaşırlarınızı çıkardığında etrafa yayılan keskin kokuyu hissetmişsinizdir. Bu keskin koku, oda koşullarında beyaz pulcuk biçimindeki kristallere sahip olan ve kolay buharlaşabilen naftalinden kaynaklanır. Böcek öldürücü özelliği olan naftalin, yünlü kumaş ve kürklerden güveleri uzaklaştırdığı için sandık eşyalarının saklanmasında kullanılmaktadır (Görsel 3.8). Ancak kanserojen bir madde olan naftalinin bu şekilde kullanımı önerilmemektedir.

Naftalin 80 °C'ta erir, 217 °C'ta kaynamaya başlar. Süblimleşme özelliğine sahiptir. Bu nedenle sandık eşyalarında ıslanmaya neden olmaz. İki bitişik benzen halkasından oluşan naftalin, benzendeki gibi delokalize π (pi) bağları içerir.

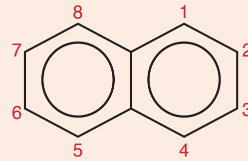


Görsel 3.9: *Sulu boyalarda ve ispirtolu kalemlerde anilin boyaları kullanılmaktadır.*



Bunları Biliyor muyuz? 3.9.

Anilin, ilk defa 1826 yılında Otto Unverdorben (Otto Anverdorpen) tarafından "indigo" adlı bitkisel boyanın damıtılması ile elde edilmiştir.



Naftalin

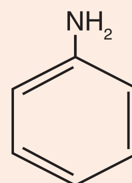
Eczacılıkta ve parfümeride ara madde olan naftalin, ayrıca lavabo temizliğinde de kullanılmaktadır. Naftalin aynı zamanda sanayide yakıt ve boya ham maddesidir. Naftalinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri de vardır. Uzun süre naftalin buharının solunması kansere neden olmaktadır. Bu nedenle naftalini gereğinden fazla kullanmamalı, kullanan kişileri de uyarmalıyız. Toplumsal sağlık kurallarına da uygun hareket etmeliyiz.

Anilin

Resim yaparken ya da okuduğumuz bir metinde önemli kısımların altını çizerken kullandığımız ispirtolu kalemlerdeki renk veren maddenin ne olduğunu biliyor musunuz?

Bu tür boya kalemlerinde, sulu boyalarda, fotoğrafçılıkta, matbaacılıkta, derilerin ve ahşapların boyanmasında kullanılan pek çok boya, anilin boyalarıdır (Görsel 3.9). Anilin, kömürün damıtılması sonucu elde edilen ürünlerde bulunur. Bu nedenle anilin boyaları, kömür katranı boyaları olarak da adlandırılır.

Anilin, benzen halkasındaki hidrojen atomlarından birinin yerine $-NH_2$ (amino) grubunun bağlanması ile oluşur. IUPAC adı amino benzendir. Renksiz, kendisine has kokusu olan, oda koşullarında sıvı hâlde bulunan bir bileşiktir. Anilinin erime noktası -6,3 °C, kaynama noktası 184,1 °C'tur.



Anilin (Amino benzen)

Anilinin polimerleşmesi ile oluşan polianilin, iletken bir polimerdir. Plastik sanayisinde kullanılmaktadır. Polianilin, metallerden

farklı olarak korozyona uğramaz. Bu nedenle de metalik yüzeylerin kaplanmasında da kullanılmaktadır.

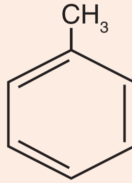
Toluen

Metil benzen olarak da bilinen toluen, tinerin karakteristik kokusuna sahip bir aromatik hidrokarbondur. Benzen halkasına metil grubunun bağlanması ile oluşmuştur.

Benzenin kanserojen etkisinden dolayı toluen, sanayide benzene göre daha çok tercih eldilen iyi bir çözücüdür. Özellikle boyaların inceltilmesinde, mürekkep yapımında, dezenfektanlarda ve plastik imalatında kullanılmaktadır. Patlayıcı olarak kullanılan TNT'nin (trinitrotoluen) ana maddesidir (Görsel 3.10). Ayrıca yakıtlarda oktan artırıcı olarak da kullanılmaktadır.



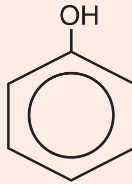
Görsel 3.10: *Toluen TNT'nin ana maddesidir.*



Toluen (Metil benzen)

Fenol

Fenol birçok bitkinin kokusunu vermektedir. Örneğin karanfil çiçeğine ve yağına kokusunu veren, bitkinin yapısında bulunan fenoldür (Görsel 3.11). Kekiğe de kokusunu yine fenol vermektedir.



Fenol (Hidroksi benzen)

Fenol, benzen halkasındaki hidrojenlerden birinin yerine –OH grubunun bağlanması ile oluşmuştur. IUPAC adı, hidroksi benzendir. Yapısal olarak alkollere benzer ancak alkol değildir. Zayıf asit özellik gösterir. Bu nedenle antiseptik özellik taşır. Birçok ilacın yapısında yer alır. Sentetik reçine yapımında da kullanılan fenoller, peroksi radikalleri ile tepkimeye girerek gıda maddelerinin bazılarında antioksidan olarak kullanılmaktadır.



Görsel 3.11: *Karanfile kokusunu veren, yapısında bulunan fenol bileşiğidir.*



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.4.

1. Aşağıda verilen tablodaki boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Molekül	Adı	Kullanım Alanı
	Fenol	• .... • .... • Antiseptik
CH_3		• .... • Çözücü • ....
		• Böcek öldürücü • Güve uzaklaştırıcı • ....
NH_2		• Boya kalemi • .... • ....
	Benzen	• .... • .... • Çözücü

2. Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları “D”, yanlış olanları “Y” harfi ile belirtiniz.

(...) **1.** Aromatik bileşiklerin ilk üyesi benzendir.

(...) **2.** Benzen, siklohekzan olarak da adlandırılır.

(...) **3.** Fenol, alkol sınıfı bir bileşiktir.

(...) **4.** Anilinin sulu çözeltisi bazik özellik gösterir.

(...) **5.** Fenolün sulu çözeltisi bazik özellik gösterir.

(...) **6.** Benzen atomuna iki atom ya da atom grubu maksimum üç farklı şekilde bağlanır.

(...) **7.** Benzen molekülü katılma tepkimesi vermeye yatkın değildir.

3.2. FONKSİYONEL GRUPLAR

Organik bileşikler genellikle uzun karbon zincirleri ve bu karbon zincirine bağlı hidrojen atomlarından oluşur. Bazı bileşiklerde karbon atomuna bağlı hidrojen atomlarından bir ya da birkaçının yerine Tablo 3.7'de verilen atom ya da atom grupları da bağlanabilir. Fonksiyonel grup olarak adlandırılan bu atom ve atom grupları, moleküllerin kendine has özelliklerini belirler. Aynı fonksiyonel grup içeren bileşikler genellikle benzer özelliklere sahiptir. Bu nedenle organik bileşikler fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılabilir. Fonksiyonel gruplar bileşiklerde tepkime veren kısımdır. Bunlar, işlevsel grup olarak da adlandırılır.

Tablo 3.7: *Bazı fonksiyonel gruplar*

Grup	Grubun Adı	Grup	Grubun Adı
$-R$	Alkil	$-OH$	Hidroksi
$-O-R$	Alkoksi	ya da	Fenil
$-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$	Karbonil	$-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Karboksil
$R-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$	Açil	$-X$ (halojenler)	Halo
$-NH_2$	Amino	$-NO_2$	Nitro

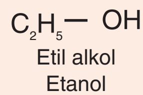
Yalnız karbon ve hidrojenden oluşan organik bileşikler, **hidrokarbonlar** olarak adlandırılır. Karbon atomlarının tamamı birbirine tekli bağlarla bağlandığında **alkan** molekülleri oluşur. Karbon zincirinde, karbon atomları arasında en az bir tane ikili bağ bulunduğunda **alken** molekülleri, en az bir tane üçlü bağ bulunduğunda ise **alkin** molekülleri oluşur. Hidrokarbon zincirinde yer alan ikili ve üçlü bağlar da fonksiyonel grup sayılır. Bunlar hidrokarbonların karakteristik özelliklerini bu kısımlar belirler ve kimyasal tepkimelerde rol alır.

Tablo 3.8'de organik bileşiklerin fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması verilmiştir. Tabloda R harfi, alkil grubunu temsil etmektedir. Farklı alkil grupları R_1 ve R_2 ile gösterilmiştir.

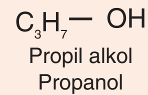
Tablo 3.8: *Organik bileşiklerin fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması*

Bileşik Sınıfı	Genel Yapı	Fonksiyonel Grup	Örnek Bileşiğin Formülü	Örnek Bileşiğin Adı
Alkan	$R-H$	$-$	CH_3-CH_3	Etan
Alken	$R_1-CH=CH-R_2$	$C=C$	$CH_2=CH_2$	Eten (etilen)
Alkin	$R_1-C\equiv C-R_2$	$C\equiv C$	$H-C\equiv C-H$	Etin (asetilen)
Aren	⌬–R ⌬–R	⌬– ⌬–	⌬–CH_3	Metil benzen (toluen)
Alkil halojenürler	$R-X$	$-X$	CH_3-Cl	Metil klorür
Alkol	$R-OH$	$-OH$	CH_3-OH	Metil alkol
Eter	R_1-O-R_2	$-O-$	CH_3-O-CH_3	Metoksimetan (dimetil eter)
Aldehit	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Etanal (Asetaldehit)
Keton	$R_1-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R_2$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	Propanon (aseton)
Karboksilik asit	$R_1-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	Etanoikasit (asetik asit)
Ester	$R_1-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R_2$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$	Metilasetat (asetik asidin metil esteri)
Nitro alkan	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{N}-O$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{N}-O$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{N}-O$	Nitrometan

Alkil gruplarına –OH (hidroksi) fonksiyonel grubun bağlanması ile oluşan fonksiyonel bileşikler **alkoller** olarak adlandırılır. Alkoller polar yapılı bileşiklerdir. Molekülleri arasında hidrojen bağları içerirler. $C_nH_{2n+1}OH$ ya da $C_nH_{2n+2}O$ genel formülü ile gösterilirler.



Etil alkol
Etanol



Propil alkol
Propanol

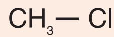
Alkil gruplarına –O–R (alkoksi) fonksiyonel grubun bağlanması ile oluşan fonksiyonel bileşikler ise **eterler** olarak adlandırılır. Aynı ya da farklı alkil grupları içermelerine göre basit eter

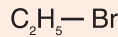
(aynı alkil grubu içerenler), karmaşık eter (farklı alkil grubu içerenler) olarak ikiye ayrılırlar. Polar yapılıdırlar. Alkollerle aynı genel formüle sahiptir.


Dimetil eter
Metoksi metan

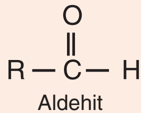

Etil metil eter
Metoksi etan

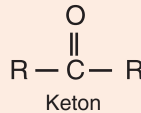
Alkil gruplarına –X (halo) fonksiyonel grubunun bağlanması ile **alkilhalojenürler** oluşur. Alkilhalojenürler, **haloalkanlar** olarak da adlandırılır. Burada –X halojenleri göstermektedir.

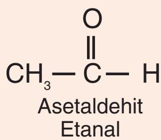

Metilklorür
Klorometan

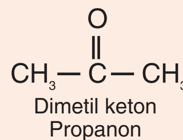

Etilbromür
Bromoetan

Alkil gruplarında $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ (karbonil) fonksiyonel grubu içeren fonksiyonel bileşikler **aldehitler ve ketonlar**dır. Aldehitlerde karbonil grubunun bir ucunda alkil diğer ucunda ise hidrojen bulunur. Ketonlarda ise karbonil grubunun iki ucunda da alkil grupları bulunur. Aldehit ve ketonlar polar bileşiklerdir. $C_nH_{2n}O$ genel formülüne sahiptirlerdir.

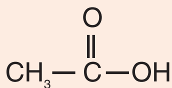

Aldehit

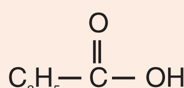

Keton


Asetaldehit
Etanal

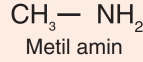

Dimetil keton
Propanon

Alkil gruplarına –COOH (karboksil) fonksiyonel grubunun bağlanması ile **karboksilik asitler** oluşur. Karboksilik asitler R–COOH şeklinde gösterilir. Polar bileşiklerdir. Suda çözünürler. Sudaki çözeltileri zayıf asit özellik gösterirler. Karbonil grubuna bağlı –R (alkil) grubu büyüdükçe sudaki çözünürlükleri ve asitlik kuvvetleri azalır. $C_nH_{2n}O_2$ genel formülüne sahiptir.

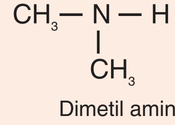

Asetik asit
Etanoik asit


Propiyonik asit
Propanoik asit

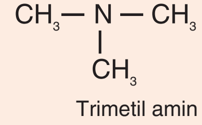
Alkil gruplarına $-NH_2$ (amino) fonksiyonel grubunun bağlanması ile oluşan bileşikler **aminler** olarak adlandırılır. Aminler amonyağın organik türevi olarak da ifade edilir. Polar bileşiklerdir. Suda çözünürler. Sudaki çözeltileri zayıf bazik özellik gösterir.



Metil amin

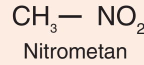


Dimetil amin

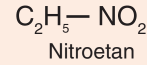


Trimetil amin

Alkil gruplarına $-NO_2$ (nitro) fonksiyonel grubunun bağlanması ile **nitroalkan** bileşikleri elde edilir. Nitroalkanlar polar bileşiklerdir. Suda çözünürler.

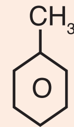


Nitrometan

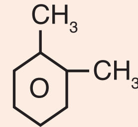


Nitroetan

Alkil gruplarına –⌬ (fenil) fonksiyonel grubunun bağlanması ile oluşan bileşikler **arenler** olarak adlandırılır. Arenler, aromatik hidrokarbonlardır. Apolar bileşiklerdir.



Metilbenzen
Toluen



1,2-Dimetil benzen
1,2-Ksilen

Bu bölümde bazı fonksiyonel bileşikler kısaca tanıtılmıştır. İlerleyen kısımda bu konu daha ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.3. ALKOLLER

Gündelik hayatta alkollerle sıkça karşılaşmaktayız. Arabalarımıza koyduğumuz antifrizlerde, ev temizliğinde kullandığımız temizlik malzemelerinde, yüz yıkama jellerinde, makyaj malzemelerinde, parfümlerde ve gündelik hayatta kullandığımız daha birçok malzemede alkol bulunmaktadır.

Alkoller, geleceğin yakıtı olarak tanımlanmaktadır. Petrol gibi fosil yakıtlara alternatif, çevre dostu enerji kaynağı olarak bazı ülkelerde kullanılan, gelecekte kullanımının artması beklenen “yeşil yakıt”, bir alkol olan etanol ve onun türevlerinden oluşmuştur (Görsel 3.12).

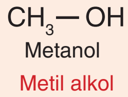


Görsel 3.12: *Bir alkol olan etanol ve onun türevlerinden elde edilen “yeşil yakıt” fosil yakıtlara alternatif olmakla birlikte çevre dostu bir enerji kaynağıdır.*

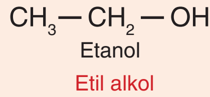
Bu bölümde hayatımızın birçok kesiminde karşılaştığımız alkolleri tanımaya çalışacağız.

3.3.1. Alkollerin Adlandırılması

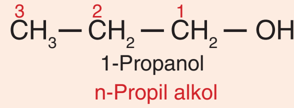
Organik kimyada alkoller sp^3 hibritleşmesi yapmış karbon atomuna –OH fonksiyonel grubunun bağlanması ile oluşan bileşiklerdir. R–OH şeklinde gösterilir. Doymuş monoalkollerin genel formülleri $C_nH_{2n+2}O$'dur. Molekülleri arasında hidrojen bağları içerirler. Kaynama noktaları eşit karbon sayılı hidrokarbonlardan daha yüksektir. Kendi aralarında R– grubu büyüdükçe kaynama noktaları artar. Polar yapılı moleküllerdir bu nedenle suda çok çözünürler. Suyun bir hidrojeni yerine alkil grubunun geçmesi ile oluşan bileşikler olarak da tanımlanmaktadır. Diğer organik bileşiklerde olduğu gibi alkollerin de yaygın kullanılan adlarının yanı sıra sistematik adları da vardır. Sistematik adlandırmada alkoller, alkan türevi olarak kabul edilir ve alkan adının sonuna "-ol" eki getirilerek adlandırılır. Yaygın adlandırılmasında ise alkolü oluşturan alkil grubunun adının sonuna alkol kelimesi getirilir.



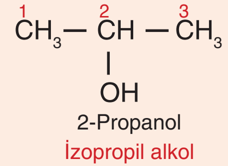
Metanol
Metil alkol



Etanol
Etil alkol



1-Propanol
n-Propil alkol



2-Propanol
İzopropil alkol

IUPAC sistemine göre adlandırma yapılırken aşağıdaki adımlar izlenir.

1. –OH grubunun bağlı olduğu en uzun karbon zinciri belirlenir.

2. –OH grubunun bağlı olduğu karbon atomuna yakın olan uçtan başlanarak numaralandırma yapılır.

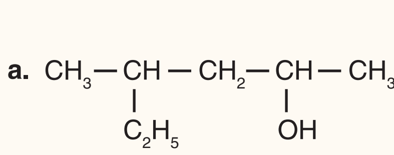
3. Zincire bağlı başka atom ve atom grupları varsa bunların kaç numaralı karbona bağlı olduğu alfabetik olarak belirtilir.

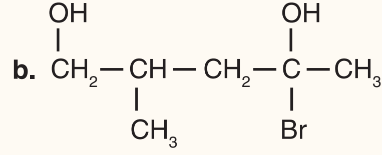
4. –OH grubunun bağlı olduğu karbon atomunun numarası belirtilerek en uzun zincirdeki karbon sayısına göre alkan adının sonuna –ol eki getirilerek adlandırma bitirilir.

5. Zincire birden çok –OH grubu bağlıysa her bir –OH grubunun bulunduğu karbon atomlarının numaraları aralarına virgül konularak belirtilir. Kaç tane –OH grubu bağlıysa alkan adının sonunda latince sayısı belirtilip ardından –ol eki getirilir.

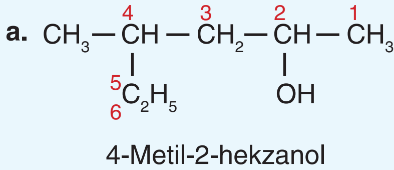
ÖRNEK 3.5.

Aşağıda verilen bileşikleri IUPAC sistemine göre adlandıralım.

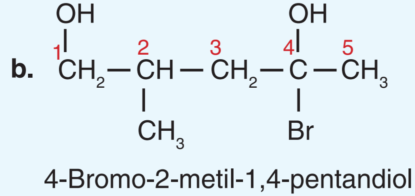
a. 

b. 

ÇÖZÜM 3.5.

a. 

4-Metil-2-hekzanol

b. 

4-Bromo-2-metil-1,4-pentandiol

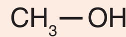
3.3.2. Alkollerin Sınıflandırılması

Alkol molekülleri Örnek 3.5 b'de verildiği gibi birden çok –OH grubu içerebilir. Alkoller içerdiği –OH sayısına göre 2'ye ayrılır.

1. Mono alkoller: Yapısında bir tane –OH grubu içeren alkollerdir.

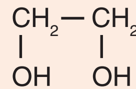
2. Poli alkoller: Yapısında birden çok –OH grubu içeren alkollerdir. Molekülünde iki –OH grubu içerenler di-alkol (diol), üç –OH grubu içerenler ise tri-alkol (triol) olarak sınıflandırılır.

mono alkol



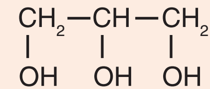
Metanol

di-alkol



Etandiol (glikol)

tri-alkol



Propantriol (gliserin)

Poli alkol

Alkollerde sınıflandırma –OH grubunun bağlı olduğu karbon atomu göz önüne alınarak da yapılabilir. –OH grubunun bağlı olduğu karbon atomu α (alfa) karbon atomu olarak adlandırılır. α karbonuna bağlı alkil gruplarına göre alkoller üçe ayrılır.

1. Primer alkoller: α karbonuna bir tane alkil grubu, iki tane hidrojen atomu bağlı olan alkollerdir. Birincil alkoller olarak da adlandırılırlar.

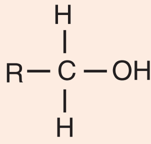
2. Sekonder alkoller: α karbonuna iki tane alkil grubu, bir tane hidrojen atomu bağlı olan alkollerdir. İkincil alkoller olarak da adlandırılırlar.

3. Tersiyer alkoller: α karbonuna üç tane alkil grubu bağlı olan alkollerdir. α karbonuna bağlı hidrojen atomu yoktur. Üçüncül alkoller olarak da adlandırılırlar.

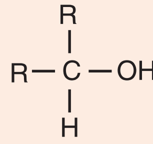


Dikkat 3.6.

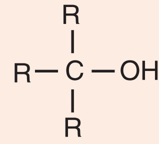
CH_3OH (metil alkol), α karbonuna bağlı hiç alkil grubu içermemesine rağmen primer alkol özelliği gösterir.



Primer alkol
Birincil alkol

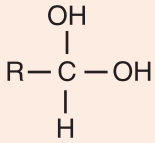


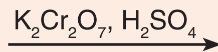
Sekonder alkol
İkincil alkol

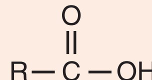


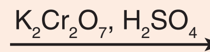
Tersiyer alkol
Üçüncül alkol

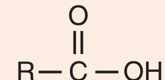
Alkoller, α karbon atomunda en az bir hidrojen atomu içeriyorsa karbonil bileşiklerine yükseltgenebilir. Primer alkoller, α karbon atomunda iki tane hidrojen atomu içerdiklerinden iki basamak yükseltgenirler. Bir basamak yükseltgendiklerinde aldehitleri, iki basamak yükseltgendiklerinde ise karboksilik asitleri oluştururlar.





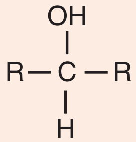


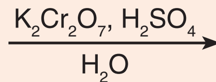


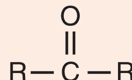


Primer alkol — Aldehit — Karboksilik asit

Sekonder alkoller, α karbon atomunda bir tane hidrojen atomu içerdikleri için bir basamak yükseltgenirler ve ketonları oluştururlar.







Sekonder alkol — Keton

Tersiyer alkolller, α karbon atomunda hiç hidrojen atomu içermedikleri için yükseltgenemezler.

3.3.3. Etanol Eldesi

Etanol; arpa, tahıl, üzüm, erik, elma gibi birçok meyvenin yapısında doğal olarak bulunan şekerin fermantasyonu (mayalanması) ile elde edilir (Görsel 3.13). Organik maddelerin bazı organizmalarca salgılanan enzimler etkisiyle uğradığı değişikliğe fermantasyon (mayalanma) denir.





Görsel 3.13: *Üzümün fermantasyonu ile etanol elde edilir.*



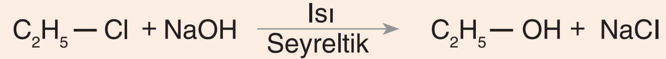
Bunları Biliyor muyuz? 3.10.

Metanolün odun alkolü olarak adlandırılmasının nedeni, endüstride odunun kuru kuruya damıtılmasından elde edilmesidir.



Görsel 3.14: *Yaralanmalarda lokal antiseptik olarak etanol kullanılmaktadır.*

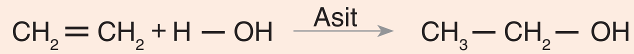
Etanol, diğer tüm alkoller gibi alkil halojenürlerin sulu NaOH ya da KOH ile ısıtılmasından da elde edilir. Etanolün elde edilebilmesi için iki karbonlu alkil halojenür kullanılmalıdır.



$$C_2H_5-Cl + NaOH \xrightarrow[\text{Seyreltik}]{\text{Isı}} C_2H_5-OH + NaCl$$

Bu tepkimede alkil halojenürdeki halojen ile bazın OH^- grubu yer değiştirir.

Alkoller genel olarak alkenlere su katılması ile elde edilebilmektedir. Alken molekülündeki π (pi) bağı koparak karbonlardan birine H atomu, diğerine ise OH grubu bağlanır. Etilene su katılması sonucu etanol oluşur.



$$CH_2=CH_2 + H-OH \xrightarrow{\text{Asit}} CH_3-CH_2-OH$$

3.3.4. Bazı Önemli Alkol Bileşikleri

En basit yapılı alkol olan **metanol** (CH_3OH), “odun alkolü” olarak da bilinir. En çok üretilen alkoldür. Formaldehit gibi birçok önemli kimyasalın üretiminde kullanılan metanol, iyi bir organik çözücü olduğu için boya, vernik ve cila sanayisinde tercih edilmektedir. Otomobil ön camları için temizleme sıvısıdır. İçten yanmalı motorlarda yakıt olarak sınırlı düzeyde kullanılan metanol, boru hatları için antifriz olarak da kullanılmaktadır.

Metanol, çok zehirli bir bileşiktir. Alkollü içki üretiminde kullanılan etanole koku ve görünüm bakımından benzediği için bunların birbirinden ayırt edilmesi zordur. Üretim maliyeti düşük olduğu için metanol, sahte içki yapımında kullanılmaktadır. Sahte içkiden kör olan ve ölen insanlar olduğunu televizyonlardan duymuşsunuzdur. Bunun nedeni metanoldür. Metanol içildiğinde ya da buharı uzun süre solunduğunda görme bozukluklarına hatta körlüğe neden olmaktadır. Yüksek dozda alındığında metanolün öldürücü etkisi vardır.

Bitkisel alkol olarak da adlandıran **etanol** (C_2H_5OH), alkollü içeceklerde kullanılır. Kolonya, etanolün genellikle %80’lik sulu çözeltisidir. Esans yapımında, tentürdiyot ve ispirto üretiminde de etanol kullanılmaktadır. Etanol, eter ve etil esterlerin üretiminde çıkış maddesidir. İyi bir çözücüdür.

Etanol, sağlık alanında sık kullanılan bir antiseptik ve dezenfektandır. Mikroplara karşı hızlı etkili, geniş spektrumlu bileşiklerdir. Toksik özelliği yoktur. Alkol bazlı hızlı el antiseptiklerinde etanol kullanılmaktadır. Ayrıca yaralanmalarda yaranın etrafına etanol sürülmesinin nedeni (Görsel 3.14) etanolün, lokal antiseptik oluşudur.

Etanol, geleceğin yakıtı olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıtlarının tükenebilir enerji kaynağı oluşu ve küresel ısınma gibi çevreye olumsuz etkilerinin bulunması, bilim insanlarını farklı yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarını bulmaya yönlendirmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmalarla biyokütleden biyoyakıtlar elde edilmiştir. Biyoyakıtların başında etanol gelmektedir. Etanolün yanı sıra metanol, biyodizel, metan ve trigliserit yağları da biyoyakıt olarak kullanılmaktadır.

Etanol, tek başına kullanılabildiği gibi benzine karıştırılarak da kullanılabilen alternatif bir biyoyakıttır. Pek çok ülkede etanol, alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır.

Genel formülü C_3H_7OH olan **propanol**ün, n-propanol ve izopropanol olmak üzere iki izomeri vardır. n-propanol iyi bir çözücüdür. Aynı zamanda pek çok kimyasal madde için gerekli ara maddedir.

İzopropil alkol, en basit sekonder alkoldür. Renksiz, kötü kokulu ve zehirlidir. Özellikle asetonun sentezinde başlangıç maddesi olarak kullanılır. İyi bir çözücüdür.

Genel formülü $C_6H_8(OH)_6$ olan **mannitol**, özellikle tıpta ve gıda sanayisinde geniş kullanım alanına sahiptir. Tıpta böbrek yetmezliği, alzheimer ve beyin tümörü hastalıklarının tedavisinde kullanılan ilaçlarda mannitol bulunmaktadır. Gıda sanayisinde yapay tatlandırıcı olarak da mannitol kullanılmaktadır. Nane şekerinde, naneli sakızlarda ve ağız kokularını önlemek için kullanılan ağız çalkalama sıvılarında (Görsel 3.15) mannitol kullanılır. Bu maddelerin ağızda oluşturduğu soğutma hissi mannitolden kaynaklanır.

Bütanol, C_4H_9OH, endüstride çabuk kuruyan otomobil boyalarının, baskı mürekkeplerinin yapımında, plastik sanayisinde ambalaj ve etiket yapımında kullanılmaktadır. Leke çıkarıcı ve temizleyici ürünlerin üretiminde etkin maddedir. Bütanol ve türevleri ayrıca boyalar ve vernikler için de iyi bir çözücüdür. İlaçlar, antibiyotikler, hormonlar ve vitaminler gibi doğal maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca etanol gibi yeni nesil biyoyakıt olarak da kullanılabileceği düşünülmektedir.

$C_2H_4(OH)_2$ formülüne sahip **etandiol, glikol** olarak da adlandırılmaktadır. Kışın otomobillerin radyatörlerindeki suyun donmasını önlemek amacı ile antifriz olarak eklenen madde etandioldür (Görsel 3.16). Etandiol, hidrolik fren sıvılarında ve boyaya kayganlık kazandırdığı için boyar maddelerde çözücü olarak da kullanılmaktadır.



Görsel 3.15: *Ağız kokularını önlemek için kullanılan ağız çalkalama sularında mannitol kullanılır.*



Görsel 3.16: *Etandiol kışın otomobil radyatörlerinde antifriz olarak kullanılır.*



Görsel 3.17: Kozmetik ürünlerde ve sabunlarda gliserin kullanılmaktadır.

Genel formülü $C_3H_5(OH)_3$ olan **propantriol**, yaygın olarak **gliserin** ya da **gliserol** olarak adlandırılır. Bitkisel ve hayvansal yağlarda bulunur.

Propantriol, endüstrinin pek çok alanında geniş kullanım alanına sahiptir. Toksik olmayıp vücutta sindirilebildiği için gıda endüstrisinde aroma ve renk verici maddelerde çözücü olarak kullanılmaktadır. Şekerli pek çok gıda ürününde şekerin kristalleşmesini önlemek amacı ile gliserinden yararlanılır. Gliserin, gıda ambalajı yapımında; eczacılıkta deriye uygulanan krem ve merhemlerde, kozmetik ürünlerde ve sabun yapımında (Görsel 3.17) kullanıldığı gibi; dinamit yapımında da kullanılan önemli bir polialkoldür.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.5.

Aşağıdaki tabloyu tamamlayınız.

Bileşik Adı	Formülü	–OH Sayısına Göre Sınıfı	α Karbonuna Göre Sınıfı
İzopropil alkol		Monoalkol	
	$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{\vert}{\overset{\vert}{C}}}}-OH$		
2-Bromo-3-metil-2,4-hekzandiol			
2,3-Dimetil-2-pentanol			

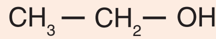
3.4. ETERLER

Eter denildiğinde çoğumuzun aklına anestezik (bayıltıcı) madde gelir. Bayıltıcı olarak kullanılan eter, organik kimyada eterler olarak adlandırılan sınıfın sadece bir üyesidir. Formülü de $C_2H_5OC_2H_5$ şeklindedir.

Eterler R–O–R′ şeklinde gösterilir. R ve R′ aynı ya da farklı alkil ya da aril grupları olabilir. Aynı alkil ya da aril grubunun oksijen atomuna bağlanması ile oluşan eterler (R–O–R) **simetrik eter**, farklı alkil ya da aril gruplarının bağlanması ile oluşan eterler (R–O–R′) ise **asimetrik eter** olarak adlandırılır.

Eterlerle monoalkollerin genel formülleri aynı olup $C_nH_{2n+2}O$ şeklinde yazılır. Bu nedenle eşit sayıda karbon içeren eterler ve monoalkoller birbirinin yapı izomeridir.

Bölüm 3.1'de izomerlik ve izomer çeşitlerinden bahsetmiştik. Molekül formülleri aynı, fonksiyonel grupları farklı olan izomerlere **fonksiyonel grup izomeri** denir.



Etanol
(C_2H_6O)

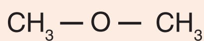


Metoksimetan
(C_2H_6O)

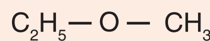
Eterler, renksiz ve kendilerine has kokuları olan polar bileşiklerdir. Eterlerin kaynama noktaları eşit karbon sayılı alkollerden daha düşüktür.

3.4.1. Eterlerin Adlandırılması

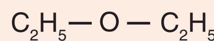
Eterlerin çoğu yaygın adları ile bilinir. Yaygın adlandırılmalarında oksijen atomuna bağlı alkil gruplarının adları alfabetik sıraya göre yazılır ve ardından eter kelimesi eklenir.



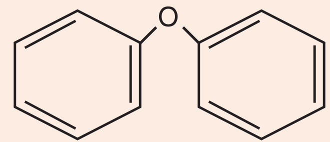
Dimetil eter



Etil metil eter



Dietil eter



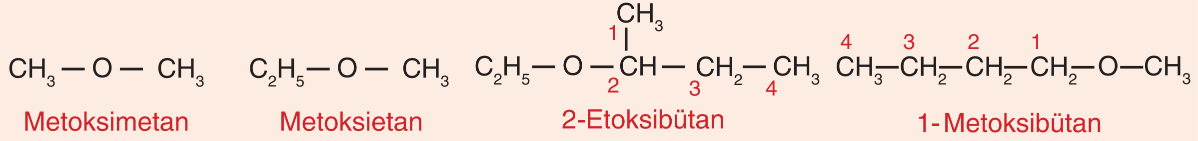
Difenil eter



Bunları Biliyor muyuz? 3.11.

1840 yılları öncesinde ameliyatlarda ağrının önlenmesi için hastalara uyuşturucu ya da alkol gibi maddeler verilirdi. Eter, anestetik olarak ilk kez 1846 yılında diş hekimi William T.G. Morton (Vilyım Mortın) tarafından kullanıldı.

IUPAC sistemi eterleri, alkoksi fonksiyonel grubu içeren alkanlar olarak tanımlar. Adlandırmada da oksijen atomuna bağlı küçük alkil grubu içeren kısmı alkoksi, büyük alkil grubunu içeren kısmı ise ana zincir kabul eder.



Araştıralım 3.3.

Eterlerin kullanım alanları ile ilgili sunum hazırlayıp arkadaşlarınıza sununuz.

3.4.2. Eterler ve Kullanım Alanları

Eterler, kimyasal tepkimelere yatkın değildir. Seyreltik asitler ve bazlarla, yaygın olarak kullanılan yükseltgen ve indirgen maddelerle, metalik sodyumla tepkime vermezler. Ancak organik bileşiklerin çoğu eterde çözünebilir. Bu nedenlerle de eterler, organik tepkimelerin gerçekleştirildiği mükemmel çözücüdür.

Laboratuvarlarda özellikle organik reaksiyonlarda suyu ortamdan uzaklaştırmak için ve Grignard bileşiği hazırlanmasında eterler kullanılır.

Gündelik hayatta eter olarak bilinen madde, dietil eter bileşiğidir. Dietil eter; renksiz, hoş kokulu, uçucu ve kolay tutuşabilen bir sıvıdır. Genel anestezik olarak çokça kullanılan dietil eter, en önemli ticari eterdir. Dietil eterin anestezik olarak kullanılması da iyi bir çözücü olmasından kaynaklanır. Anestezik olarak kullanılan maddenin kolay buharlaşması, kanda ve dokularda iyi çözünmesi gerekir. Anestezik madde, kanda ve dokularda bulunan maddelerle etkileşip tepkime oluşturmaması istenir. Dietil eter bu özellikleri taşımaktadır. Bunun yanında kusma, bulantı gibi yan etkilerinin olması, kolay tutuşması gibi nedenler dietil eterin günümüzdeki kullanımını sınırlandırmıştır.

Bazı doğal antibiyotiklerin ve ilaçların aynı zamanda haşhaşın yapısında da eterler bulunur. Ayrıca metil tersiyerbütil eter, benzinde oktan sayısını artırıcı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Antifriz olarak kullanılan etandiolün endüstriyel çıkış maddesi de sentetik eterlerdir. Dimetil eter, aeresol spreylerde itici gaz olarak kullanılır.

3.5. KARBONİL BİLEŞİKLERİ

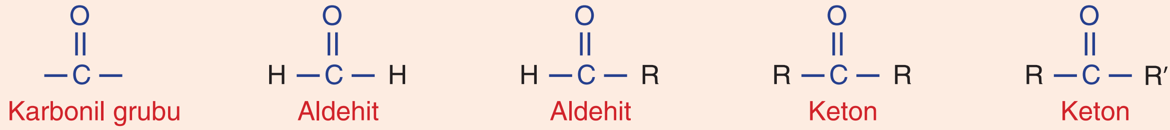
Meyvelerin, çiçeklerin ve parfümlerin (Görsel 3.18) güzel kokusunun nedeni ne olabilir? Yumuşatıcıların, deterjanların, temizlik malzemelerinin, sabun ve şampuanların güzel kokmasını sağlayan nedir?



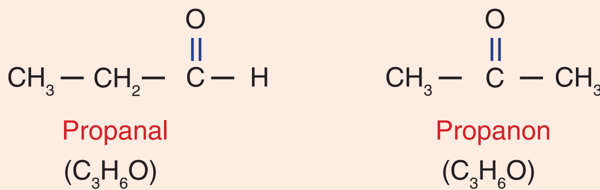
Görsel 3.18: *Parfümlerdeki, sabunlardaki ve çiçeklerdeki güzel kokunun nedeni bunların içerdiği karbonil gruplarıdır.*

En yaygın değişik ve güzel kokuların kaynağı, karbon oksijen ikili bağına ($-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$) yani karbonil grubuna sahip bileşiklerdir.

Karbonil grubundaki karbon atomu, sp^2 hibritleşmesi yapmıştır. Karbonil bileşiklerini aldehitler ve ketonlar olarak iki sınıfa ayırabiliriz. Aldehitler, karbonil grubuna bağlı en az bir hidrojen atomu taşıyan bileşiklerdir. Ketonlar ise karbonil grubuna iki alkil kökünün bağlanmasıyla oluşan bileşiklerdir. Karbonil bileşikleri polar yapılı moleküllerdir. Bu nedenle suda çözünürler. Moleküldeki karbon sayısı arttıkça polarlıkları azalacağından sudaki çözünürlükleri de azalır. Molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimleri vardır. Kaynama noktaları eşit karbon sayılı hidrokarbonlardan yüksek, alkollerden ise düşüktür.



Aldehit ve ketonların genel formülleri aynı olup $C_nH_{2n}O$ şeklindedir. Bu nedenle eşit karbon sayılı aldehitler ve ketonlar birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.

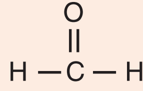


3.5.1. Aldehitlerin ve Ketonların Adlandırılması

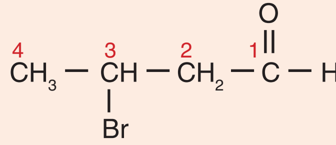
IUPAC sistemine göre aldehitlerin ve ketonların adlandırılması diğer organik bileşiklerle aynıdır.

Aldehitlerde karbonil grubu daima zincirin en ucundadır. Bu nedenle numaralandırmada 1 numaralı karbon, karbonil karbonudur. Bağlı gruplar kaç numaralı karbon atomuna bağlı ise

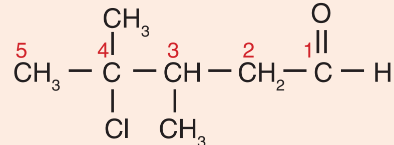
alfabetik olarak belirtilir. Karbonil grubunu içeren en uzun zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen alkan adının sonuna “-al” eki getirilerek adlandırma yapılır.



Metanal



3-Bromobütanal



4-Kloro-3,4-dimetilpentanal

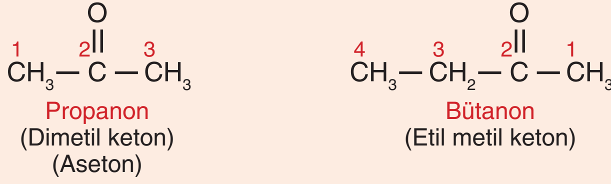
Aldehitlerin yaygın adları da sıklıkla kullanılır. Tablo 3.9’de bazı aldehit bileşiklerinin IUPAC ve yaygın adları verilmiştir.

Tablo 3.9: *Bazı aldehit moleküllerinin IUPAC ve yaygın adları*

Aldehit Molekülünün Formülü	IUPAC Adı	Yaygın Adı
$H-C(=O)-H$	Metanal	Formaldehit
$CH_3-C(=O)-H$	Etanal	Asetaldehit
$CH_3-CH_2-C(=O)-H$	Propanal	Propiyonaldehit
$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H$	Bütanal	n-Bütiraldehit
HC=O (benzen halkasına bağlı)	Benzenal	Benzaldehit

Ketonların IUPAC sistemine göre adlandırmasında ise karbonil karbonunu içeren en uzun zincir seçilir. Karbonil karbonuna yakın uçtan başlanarak karbonlar numaralandırılır. Bağlı gruplar, alfabetik olarak kaç numaralı karbona bağlı oldukları da belirtilerek yazılır. Karbonil karbonunun numarası belirtilerek en uzun zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen alkan adının sonuna “-on” eki getirilerek adlandırma bitirilir.

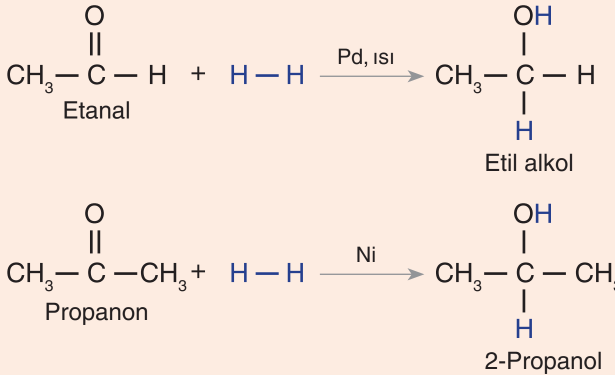
Keton adlandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntemde ise karbonil karbonuna bağlı alkil ya da aril adlarından sonra keton kelimesi getirilir.



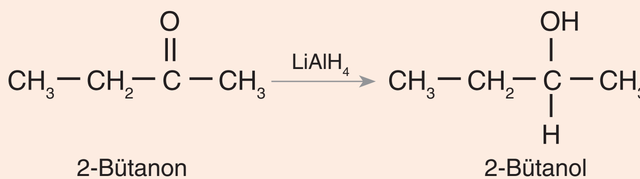
En basit keton propanon, “aseton” olarak bilinir. Aseton, tırnak cilası ve boyalar gibi pek çok madde için iyi bir çözücüdür.

3.5.2. Aldehitlerin ve Ketonların İndirgenme-Yükseltgenme Özellikleri

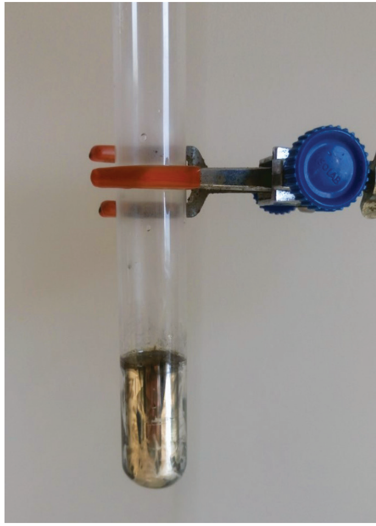
Aldehitler ve ketonlar pek çok yolla kolaylıkla alkollere indirgenebilir. Aldehitler, paladyum katalizörlüğünde H_2 ile primer alkollere indirgenirken ketonlar, nikel katalizörlüğünde yine H_2 ile sekonder alkollere indirgenir.



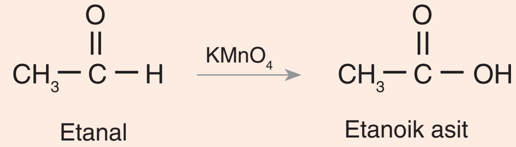
Aldehitler ve ketonların indirgenmesinde hidrojen yerine daha yaygın olarak metal hidrürler kullanılır. Genellikle lityum alüminyum hidrür ($LiAlH_4$) ya da sodyum bor hidrür ($NaBH_4$) kullanılarak aldehitler ve ketonlar, alkollere indirgenir.



Aldehitler potasyum permanganat ($KMnO_4$), potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) gibi yükseltgen maddelerin varlığında kolaylıkla karboksilik asitlere yükseltgenir.

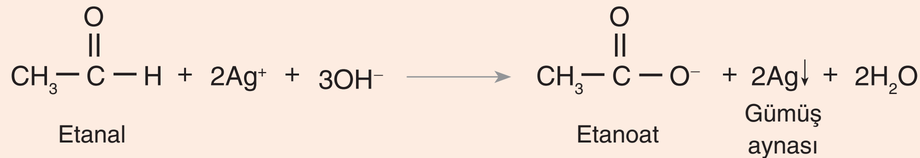


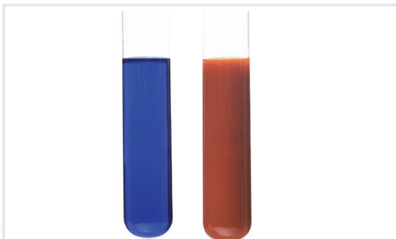
Görsel 3.19: Aldehit molekülleri Tollens ayracı ile gümüş aynası oluşturur.



Aldehitler, yükseltgenmeleri çok kolay olduğu için Ag^{+} ve Cu^{2+} gibi zayıf yükseltgenlerle de yükseltgenebilir. Ketonlar ise bazı istisnalar dışında yükseltgenmez. Bu özelliklerinden dolayı karbonil bileşiklerinin laboratuvarda Tollens (amonyaklı gümüş nitrat çözeltisi) ve Fehling (bazik ortamda Cu^{2+} iyonları içeren çözelti) ayraçları kullanılarak aldehit mi yoksa keton mu olduğu anlaşılır.

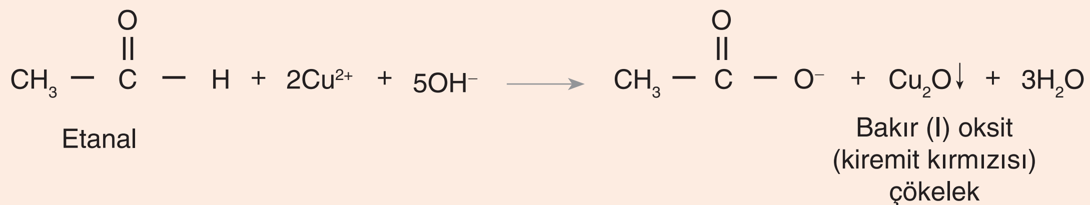
Aldehitlerin Tollens ayracı ile etkileşimleri sonucu aldehit, karboksilat anyonuna yükseltgenirken ayraçtaki Ag^{+} iyonları Ag atomuna indirgenerek metalik gümüş açığa çıkar. Açığa çıkan metalik gümüş, deney tüpünün iç yüzeyinde gümüş aynası oluşturur (Görsel 3.19).





Görsel 3.20: Aldehitler, Fehling ayracı ile kiremit kırmızısı çökelek oluşturur.

Aldehitlerin Fehling ayracı ile etkileşimlerinde ise aldehit, karboksilat anyonuna yükseltgenirken Fehling ayracında bulunan Cu^{2+} iyonlarını Cu^{+} iyonlarına indirger. Başlangıçta Cu^{2+} iyonlarından dolayı koyu mavi renkli olan çözelti, indirgenme-yükseltgenme tepkimesinden sonra kiremit kırmızısı renge dönüşür (Görsel 3.20). Tepkime sonucu bakır (I) oksit (Cu_2O) çökeleği oluşur. Bu çökelek, çözeltide kiremit kırmızısı rengin oluşmasına neden olur.



Fehling ayracı yerine bakır (II) sitratın bazik çözeltisi olan Benedict ayracı da kullanılabilir. Benedict ayracı kullanıldığında oluşan tepkimede yine Cu^{2+} iyonları Cu^{+} ya indirgenirken aldehit de karboksilat iyonuna yükseltgenir.

3.5.3. Aldehitlerin ve Ketonların Kullanım Alanları

Aldehitlerin ve ketonların birçoğu kendilerine özgü hoş kokuya sahiptir. Bu nedenle aldehitler ve ketonlar, özellikle gıda ve kozmetik sanayisinde çokça kullanılır. Bitkisel ve hayvansal ürünlerin birçoğunda doğal olarak aldehit ve keton bileşikleri bulunmaktadır. Örneğin pastalara ve kurabiyelere güzel kokusunu veren vanilin, vanilya çiçeğinde (Görsel 3.21) doğal olarak bulunan bir aldehit molekülüdür. Parfümlerde kullanılan muskon, bir ketondur ve misk geyiğinden elde edilir. Bu örnekleri artırmak mümkündür. Sinnamaldehit tarçında, 2-heptanon karanfilde ve benzaldehit badem yağında (Görsel 3.22) doğal olarak bulunan aldehit ve keton bileşikleridir.



Görsel 3.21: *Vanilin, vanilya çiçeğinde bulunan bir aldehit molekülüdür.*



Görsel 3.22: *Badem yağında benzaldehit bulunur.*

Gıda ambalajları üzerinde "Doğala özdeş aroma verici ya da yapay aroma verici içerir veya içermez." yazılarını görmüşsünüzdür. Peki, bunlar ne anlama gelir?

Doğal aroma verici maddelerin bitkisel ve hayvansal ürünlerden özütlenerek elde edilmesi zor ve maliyetlidir. Bu nedenle birçok gıda maddesinde doğal aroma verici maddeler yerine doğala özdeş ya da yapay aroma vericiler kullanılır.

Türk Gıda Kodeksi, aroma verici maddeleri doğal, doğala özdeş ve yapay olarak aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

Doğal aroma vericiler: Uygun fiziksel, enzimatik veya mikrobiyolojik yöntemlerle bitkisel veya hayvansal kaynaklardan elde edilen, aroma özelliği taşıyan maddelerdir.

Doğala özdeş aroma vericiler: Kimyasal yollarla sentezlenen veya izole edilen, kimyasal yapı olarak doğal aromalar ile aynı olan maddelerdir. Kullanımına izin verilen doğala özdeş aroma verici maddelerden aldehit ve keton yapısında olanlardan bazıları asetaldehit, benzofenon, benzaldehit, pentanal, propanal ve propanondur.

Yapay aroma vericiler: Kimyasal yollarla sentezlenen ancak kimyasal yapısı doğal aromalardan farklı olan maddelerdir. Kullanımına izin verilen aldehit ve keton yapısındaki yapay aroma verici maddelerden bazıları benzil izobütil keton, dibenzil keton, 2-etil-2-heptenaldir.

Bazı gıda maddelerinde şeftali lezzetini ve kokusunu vermek için gamma-undekalakton (aldehit C-14) ve etil metil fenil glisidat (aldehit C-16) yapay aroma verici olarak kullanılmaktadır.

Kozmetik sanayisinde kullanılan keton bileşiği denildiğinde akla ilk olarak aseton gelir. Aseton, oje çıkarıcı olarak kullanılmaktadır.



Görsel 3.23: Kozmetik sanayisinde özellikle parfüm üretiminde aldehit ve keton bileşikleri kullanılmaktadır.

Aseton, pek çok kimyasal bileşenin bitkisel ve hayvansal ürünlerden elde edilmesi sırasında çözücü olarak da kullanılmaktadır. Kozmetik sanayisinde özellikle parfümlerde (Görsel 3.23), şampuanlarda ve sabunlarda koku verici madde olarak aldehitler ve ketonlar kullanılmaktadır.

Formaldehit ve polimerleri mikrop öldürücü özelliğe sahiptir. Bu nedenle dezenfektan olarak kozmetik sanayinde sabun ve şampuanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca formaldehitin %40'lık çözeltisi olan formalin, tıpta dokuların uzun süre bozulmadan saklanmasında kullanılır.

Kozmetik sanayisinde kullanılan esans ham maddeleri doğal ya da sentetik olabilmektedir. Doğal olanlar bitki ve hayvansal ürünlerden destilasyon ya da özütleme gibi yöntemlerle elde edilirken sentetikler, kimyasal reaksiyonlar sonucu elde edilir.



Görsel 3.24: Parfümlerde kullanılan misk, misk geyiği salgısında doğal olarak bulunmaktadır.

Parfümlerde sıkça kullanılan misk, bir keton olan muskondur. Misk geyiğinin (Görsel 3.24) salgısından doğal olarak elde edilen misk, güzel kokulu bir maddedir. Günümüzde ise sentetik olarak üretilen miskler parfümlerde kullanılmaktadır. Parfümlerde ve gıdalarda kullanılan vanilya esansı, vanilya orkidesinin tohum ve yemişlerinden doğal olarak elde edilir. Vanilin ise vanilya tohum zarlarından doğal olarak elde edilebildiği gibi sentetik olarak da üretilmektedir.

Gıda ve parfüm sanayisinde sentetik ürünlerin tercih edilme nedenleri arasında; doğal kaynaklarının azalması, sentetik maddelerin kokularının daha kalıcı olması ve sentetik maddelerin üretim maliyetinin düşük olması sayılabilir.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.6.

1. Karbonil bileşikleri ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden doğru olanlara "D", yanlış olanlara "Y" harfi yazınız.

(...) **1.** Aldehitler ve ketonlar karbonil grubu içeren bileşiklerdir.

(...) **2.** Aldehitlerin en basit üyesi iki karbon atomu içerir.

(...) **3.** Ketonlar, Tollens çözeltisi ile kolaylıkla yükseltgenir ve gümüş aynası oluşturur.

(...) **4.** Ketonların indirgenme ürünü, primer alkollerdir.

(...) **5.** Aldehitler ve ketonlar özellikle kozmetik sanayisinde çokça kullanılmaktadır.

(...) **6.** IUPAC adı etanal olan aldehit bileşiği, genellikle formaldehit olarak adlandırılır.

2. Aşağıdaki verilen tabloda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

Bileşik Adı	Molekül Formülü
	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{CH_3}{\vert}}{CH}-CH_3$
2,3,3-Trimetil-1-pentanol	
Etiltersiyerbütilketon	
	$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{\overset{\overset{CH_3}{\vert}}{C}}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$
	$C_6H_5-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$

3.6. KARBOKSİLİK ASİTLER

Bir karınca ısırdığında duyduğumuz acının nedeni nedir? Sirkenin tadı neden ekşidir? Başımız ağrıdığında aldığımız aspirin nasıl oluyor da bizi iyileştiriyor?

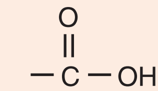
Tüm bu soruların tek bir cevabı vardır: O da karıncanın salgısında, sirkede ve aspirinde (Görsel 3.25) karboksilik asitlerin bulunmasıdır.

Karboksilik asitler, karboksil grubu bulunduran organik bileşiklerdir. Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$ olan karboksilik asitler, RCOOH ve RCO_2H şeklinde gösterilir.

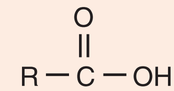
Karboksilik asitler zayıf asit özellik taşıyan maddelerdir. Moleküldeki R- grubu büyüdükçe asitlik kuvveti azalır. Karboksilik asitler, molekülleri arasında hidrojen bağları içerirler. Polar moleküllerdir ve suda çözünürler.



Görsel 3.25: Aspirinin iyileştirici etkisi, yapısındaki karboksilik asitten (asetilsalisilik asit) kaynaklanır.



Karboksil grubu



Karboksilik asit

3.6.1. Karboksilik Asitlerin Adlandırılması ve Kullanım Alanları

Karboksilik asitler de diğer organik bileşikler gibi daha çok yaygın adları ile bilinir. Yaygın adları genellikle asitlerin doğal kaynaklarının Latince ya da Yunanca isimlerinden türetilmiştir.



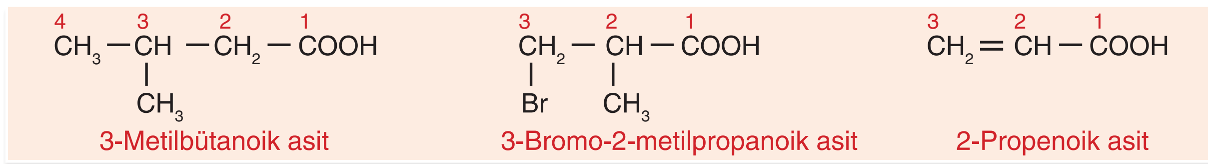
Görsel 3.26: Karıncalar formik asit kaynağıdır.

Örneğin karboksilik asitlerin ilk üyesi olan metanoik asidin yaygın adı formik asittir. Bu adı doğal kaynağı olan karıncanın (Görsel 3.26) Latince ismi formikadan türetilmiştir. Formik asit, deri üretiminde tabaklama işleminde ve lateks kauçuğunun hazırlanmasında kullanılır. Karboksilik asitlerin ikinci üyesi olan etanoik asit ise yaygın olarak asetik asit olarak bilinir. Sirke, asetik asidin sudaki çözeltisidir. Asetik asit; farmasötikler, boyalar ve pestisit üretiminde kullanılır. Ayrıca polimer sanayisi için monomerlerin üretiminde kullanılır. Tablo 3.10'da karboksilik asitlerin ilk beş üyesi ile doğal kaynakları ve kullanım alanları verilmiştir.

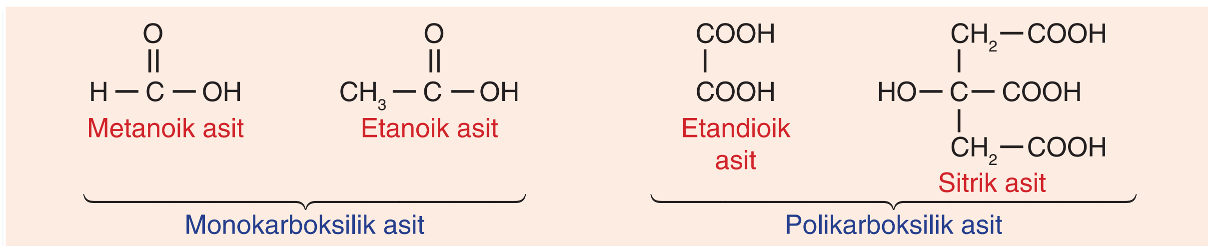
Tablo 3.10: *Bazı önemli karboksilik asitler ve kullanım alanları*

Karboksilik Asidin Formülü	Doğal Kaynağı	Yaygın Adı	IUPAC Adı	Kullanım Alanı
HCOOH	Karınca	Formik asit	Metanoik asit	Polimer sentezi, deri üretimi
CH_3COOH	Sirke	Asetik asit	Etanoik asit	Boya, tekstil ve gıda sanayisi
C_2H_5COOH	Süt	Propiyonik asit	Propanoik asit	Polimer üretimi
C_3H_7COOH	Tereyağı	Bütirik asit	Bütanoik asit	Gıda ve parfümlerde katkı maddesi
C_4H_9COOH	Kedi otu kökü	Valerik asit	Pentanoik asit	Gıda katkı maddesi

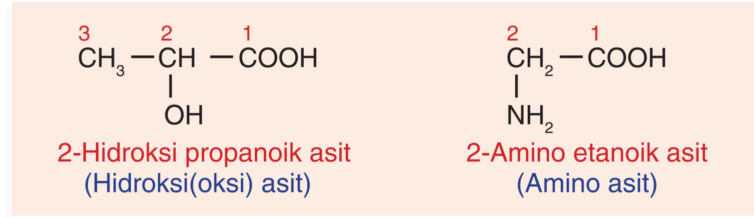
IUPAC sistemine göre karboksilik asitlerin adlandırılmasında karboksil grubunu içine alan en uzun karbon zincirine karşılık gelen alkan adının sonuna "-oik asit" eki getirilir. Karbon zincirinin numaralandırılmasına karboksil karbonundan başlanır. Bağlı gruplar kaç numaralı karbon atomuna bağlı ise belirtilir.



Karboksilik asitler, yapılarında bulunan karboksil grubu sayısına göre monokarboksilik asitler ve polikarboksilik asitler olarak iki sınıfa ayrılır. Yapılarında bir tane karboksil grubu içeren karboksilik asitlere **monokarboksilik asitler** denir. Birden çok karboksil grubu içerenler ise **polikarboksilik asitler** denir.



Ayrıca karboksilik asitler, yapısında karboksil grubunun dışında başka fonksiyonel gruplar içeriyorsa bu fonksiyonel gruplara göre de sınıflandırılmaktadır. Yapısında –OH grubu bulunduran karboksilik asitler **hidroksi(oksi) asitler**, $-NH_2$ grubu bulunduranlar ise **aminoasitler** olarak adlandırılır.



İki karboksil grubu içeren karboksilik asitler dikarboksilik asit olarak tanımlanır. IUPAC sistemine göre adlandırılmalarında alkan adının sonuna "-dioik asit" eki getirilir. Doğada bulunan dikarboksilik asitler genellikle yaygın adları ile tanınır. Tablo 3.11'da ticari öneme sahip bazı dikarboksilik asitlerin yaygın adları ve kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 3.11: *Bazı dikarboksilik asitler ve kullanım alanları*

Yaygın Adı	Doğal Kaynağı	IUPAC Adı	Kullanım Alanı
Okzalik asit	Kuzukulağı, kuşkonmaz	Etandioik asit	Tekstil boyama
Malik asit	Elma	2-Hidroksibütandioik asit	Gıda sanayisi
Tartarik asit	Üzüm	2,3-Dihidroksibütandioik asit	Gazoz ve tatlılar, aynı zamanda yün boyama işleri
Sitrik asit	Limon	3-Hidroksi-3-karboksipentandioik asit	Metal temizleme işlemleri, aynı zamanda gıda katkı maddeleri
Adipik asit	Şeker pancarı öz suyu	Hekzandioik asit	Yapay reçine, strafor yapımı, naylon üretimi

Çoğu meyvenin yapısında Tablo 3.11'da da verildiği gibi doğal olarak karboksilik asitler bulunur. Örneğin elmada malik asit, portakal ve mandalina gibi turunçgillerde askorbik asit, limonda sitrik asit, üzümde tartarik asit, çilekte (Görsel 3.27) folik asit bulunur. Folik asit ilk olarak ıspanak yaprağında keşfedilmiştir. Vücutta kan yapımı, yeni hücre oluşumu, DNA sentezi gibi önemli biyolojik süreçlerde rol oynar.

Gündelik hayatımızda çokça karşılaştığımız aromatik yapılı karboksilik asitler de vardır. Örneğin benzoik asit, meyve sularında



Görsel 3.27: *Çilek, folik asit kaynağıdır.*



Görsel 3.28: *Laurik asit ve miristik asit Hindistan cevizi yağında doğal olarak bulunmaktadır.*

gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Salisilik asit, birçok ilacın ham maddesidir. Söğüt ağacının kabuğundan veya erkeçsakalı bitkisinden elde edilir. Spirik asit olarak da adlandırılan asetil salisilik asit, aspirin olarak bilinir. Ağrı kesici, ateş düşürücü ve iltihap giderici olarak kullanılır. Ftalik asit, plastik ürünlerin elde edilmesinde çıkış maddesidir. Diollerle oluşturduğu polimerik esterler; plastik levha, film ve plastik şişelerin yapımında kullanılır.

3.6.2. Yağ Asitleri

Gündelik yaşantımızda yağlar büyük önem taşır. Özellikle yemeklerimize lezzet vermek için katı ve sıvı yağları kullanırız. Genellikle katı yağlar hayvansal, sıvı yağlar ise bitkisel kaynaklıdır. Yağlar, trigliseritler olarak adlandırılır. Yağların yapısında, üç yağ asidi ve gliserin bulunur. Yağ asitleri çoğunlukla değişik uzunluktaki düz zincirlerden meydana gelir ve çift sayıda karbon atomu içerir. Doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak iki sınıfa ayrılır.

Doymuş yağ asitleri: Doğal yağlarda yaygın olarak bulunan yağ asitleridir. Karboksil grubuna bağlı alkil grubunda π (pi) bağı bulundurmaz. Doymuş yağ asitlerinin en küçük üyesi dört karbonlu bütanoik asittir. Hindistan cevizi yağında (Görsel 3.28) bulunan laurik ve miristik asitler de doymuş yağ asitlerine örnek olarak verilebilir. Bazı doymuş yağ asitleri aşağıda verilmiştir.

Laurik asit: $CH_3(CH_2)_{10}COOH$

Miristik asit: $CH_3(CH_2)_{12}COOH$

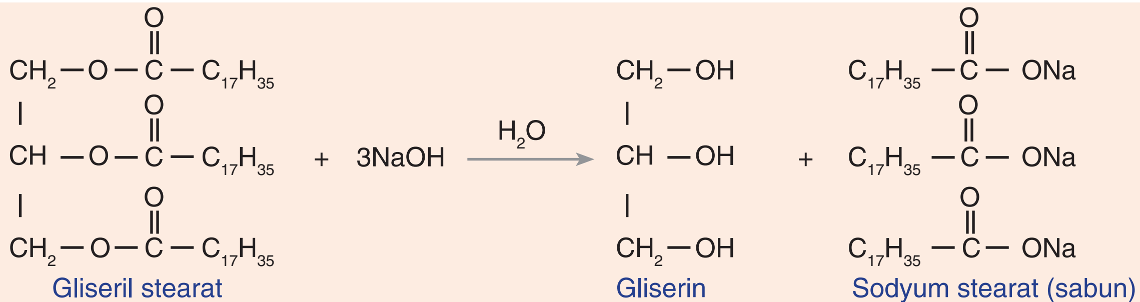
Palmitik asit: $CH_3(CH_2)_{14}COOH$

Stearik asit: $CH_3(CH_2)_{16}COOH$

Doymamış yağ asitleri: Karboksil grubuna bağlı alkil grubunda π (pi) bağı bulunan yağ asitleridir. Yani alkil grubu alken ya da alkinden türemiştir. Bazı doymamış yağ asitleri aşağıda verilmiştir:

Oleik asit: $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

Linoleik asit: $CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$



Katı ya da sıvı yağlar bazlarla ısıtıldığında gliserin ve yağ asidi tuzları oluşur. Genellikle baz olarak NaOH ya da KOH kullanılır. Oluşan uzun zincirli yağ asidi tuzları, sabun (Görsel 3.29) olarak tanımlanır. Yağ asidinin sodyum tuzları beyaz sabun, potasyum tuzları ise arap sabunu olarak bilinir.



Görsel 3.29: *Sabunlar, yağ asidi tuzlarıdır.*

3.6.3. Benzoik Asit ve Benzoatların Gıdalarda Koruyucu Olarak Kullanılması

Gıda maddelerini mikroorganizmaların neden olduğu bozunmalardan korumak ve bunların raf ömrünü uzatmak için koruyucu katkı maddeleri kullanılır. Organik asitler ve esterleri, gıda endüstrisinde çokça kullanılan koruyucu maddelerdir.

Benzoik asit ve esterleri benzoatlar, gıda endüstrisinde uzun süredir kullanılan önemli koruyucu maddelerdir. Gıda ambalajlarında benzoik asit E210, sodyum benzoat ise E211 kod numarası ile belirtilir. Genellikle serbest benzoik asidin düşük çözünürlüğünden dolayı benzoik asidin sodyum tuzları koruyucu olarak kullanılır. Kullanım sırasında sodyum benzoat, benzoik aside dönüşerek etki eder. Benzoik asit ve benzoatlar; gıdalardaki maya, küf ve zehirlenmelere neden olan bakteriler üzerine etki ederek gıdanın raf ömrünü uzatır. Özellikle meyve sularında, margarinlerde, salamura zeytinlerde, ketçap, mayonez ve hardal gibi soslarda (Görsel 3.30) koruyucu olarak benzoik asit ve benzoatlar kullanılır.



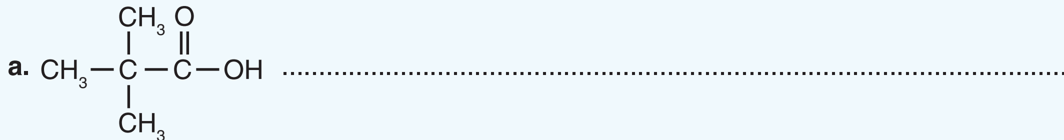
Görsel 3.30: *Ketçap, mayonez ve hardal gibi soslarda koruyucu olarak benzoik asit ve benzoatlar kullanılmaktadır.*



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.7.

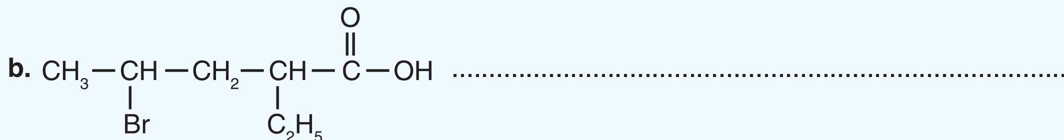
Aşağıda verilen bileşikleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a.



....

b.



....

c.



....

3.7. ESTERLER



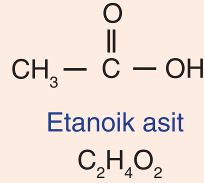
Görsel 3.31: *Muzda, pentil asetat bulunur.*

Esterler, çoğunlukla hoş kokuludur. Birçok meyvenin ve bitkinin kendilerine özgü hoş aroması, yapısında bulunan ester moleküllerinden ileri gelir. Muzda (Görsel 3.31) pentil asetat, portakalda oktil asetat, kayısıda pentil bütanoat bu meyvelere hoş kokularını veren ester molekülleridir. Ancak meyvelerin ve bitkilerin kokusu sadece yapılarındaki ester moleküllerinden kaynaklanmaz. Daha önceki konularda da anlatıldığı gibi diğer organik bileşenler de tada ve kokuya etki eder. Örneğin çilekte kokuya neden olan 150 farklı bileşik vardır. Bu bileşiklerden sadece 42 tanesi ester yapısındadır.

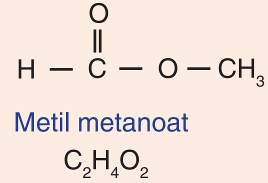
Esterler, güzel kokularından dolayı özellikle kozmetik sanayisinde ve gıda sektöründe kullanılmaktadır.

Karboksilik asit molekülünün hidroksil (–OH) kısmının yerine alkoksi (–OR) grubunun bağlanması ile ester molekülleri oluşturur. Bu nedenle ester molekülleri karbonil grubuna bağlı –OR grubu içerir.

Esterler ve karboksilik asitler $C_nH_{2n}O_2$ genel formülüne sahip bileşiklerdir. Bu nedenle esterler ve karboksilik asitler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.



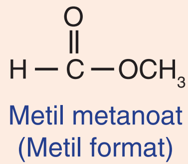
Etanoik asit
$C_2H_4O_2$



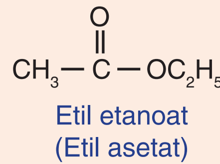
Metil metanoat
$C_2H_4O_2$

3.7.1. Esterleşme Tepkimesi ve Esterlerin Adlandırılması

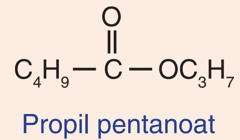
Esterlerin adlandırılmasında ilk olarak karbonil grubuna bağlı –OR grubundaki alkil adı söylenir. Daha sonra asit adının sonundaki “-ik” eki yerine “-at” eki getirilerek adlandırma sonlandırılır.



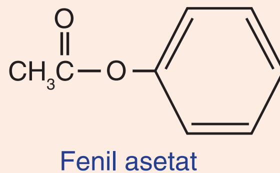
Metil metanoat
(Metil format)



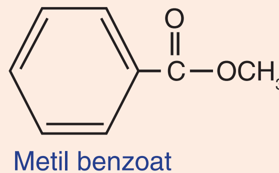
Etil etanoat
(Etil asetat)



Propil pentanoat

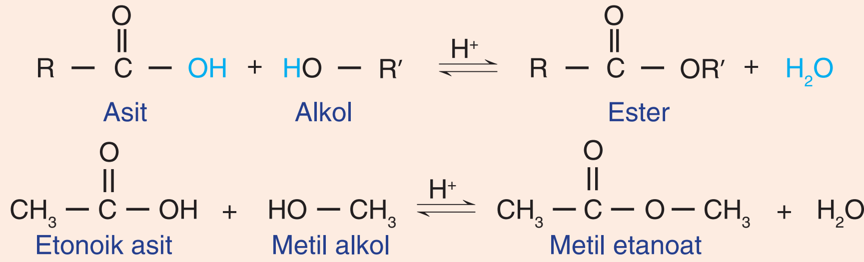


Fenil asetat



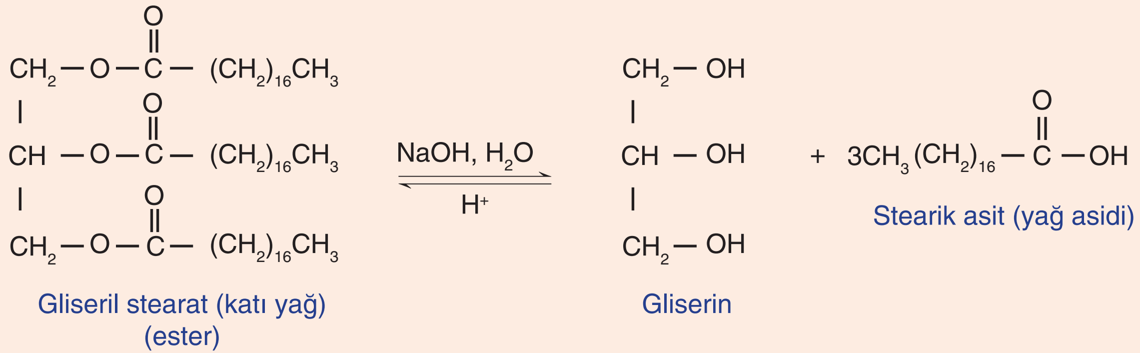
Metil benzoat

Esterler, karboksilik asitlerin ve alkollerin asitlerin katalizörlüğünde ısıtılması ile elde edilir. Asit olarak genellikle HCl ya da H_2SO_4 kullanılır. Bu tepkime Emil Fischer (Emil Fişer) tarafından geliştirildiği için Fischer Esterleşme Tepkimesi olarak bilinir. Esterleşme tepkimeleri denge tepkimeleridir. Oluşan ester molekülü suda hidroliz olup oluştuğu karboksilik asit ve alkole geri dönüşür.



3.7.2. Esterlerin Yer Aldığı Bazı Doğal Maddeler

Yağlar, yağ asitleri ve gliserinden oluşan büyük ester molekülleridir. Yağlar, gliserinin triesterleri olup trigliseritler olarak da adlandırılır. Yağlar, bazik ortamda hidroliz olarak yağ asidi ve gliserine dönüşür.



Yağların katı ya da sıvı olmaları yapılarında bulunan yağ asitlerinden kaynaklanır. Doymuş yağ asidi içerenler katı yağları oluştururken doymamış yağ asidi içerenler sıvı yağları oluşturur. Doymamış yağlar olarak adlandırılan sıvı yağlar, H_2 ile doyurularak katı yağlar elde edilir.

Doğada yüksek karbonlu doğal ester moleküllerine örnek olarak yağların dışında bal mumu, lanolin, balsam gibi maddeler de verilebilir.

Bal mumu, işçi arıların karın bölgelerinde bulunan mum bezlerinden salgıladığı yumuşak bir maddedir. Saf bal mumu, beyaz renkli olmasına rağmen salgılandıktan sonra koyulaşarak sarıya ya da kahverengiye dönüşür. Arılar bu maddeyi oğul arıları yetiştirmek, bal ve polen depolamak için gereken depo gözeneklerini



Görsel 3.32: Arıların ördüğü petekler bal mumundan oluşur.

yani peteklerini (Görsel 3.32) örmek için salgılar. Bal mumunun kimyasal yapısını %72 alkali esterler, %14 serbest yağ asitleri, %11 hidrokarbonlar, %1 serbest alkoller ve %2 oranında tanımlanamayan bileşikler oluşturur.

Bal mumu yapay olarak sanayide de hazırlanabilmektedir. Sanayide hazırlanan bal mumu %74 palmitik asit, %12 diğer hidrokarbonlar, miristik alkol ve esterlerden oluşmuş bir karışımdır.

Bal mumu; arıcılıkta petek üretiminde, ilaç ve kozmetik sanayisinde krem yapımında, inşaat sanayisinde yalıtımda kullanılmaktadır.

Lanolin, koyun yününün yağından elde edilen uzun zincirli mum esteridir (Görsel 3.33). Lanolin bileşiminde; çeşitli steroller, yağ asitleri ve esterler bulunur. Lanolin; sarımsı beyaz renkli, yarı saydam, yağlı bir maddedir. Deriden kolaylıkla emilebilir. Hafif antiseptik özelliğe sahiptir. Bu nedenlerle tek başına ya da sıvı parafinler ve bazı yağlarla karıştırılarak merhem, krem, tıraş köpüğü, sabun ve şampuan yapımında kullanılır.



Görsel 3.33: Lanolin, koyun yününden elde edilir.

Balsam, bitkilerin ağaç dokularından ya da yaralarından sızan reçinemsi maddeye denir. Benzoik ya da sinnamik asit esterlerini içerir. Kendine has hoş bir kokusu olan balsam, sızdığı ağaç ya da bitkiye bağlı olarak farklı koku ve özelliktedir. El Salvador'un bazı bölgelerinde yetişen baklagiller familyasından Myroxylon pereirae (miroksilo pereyray) ağacından elde edilen Peru balsamı (Görsel 3.34), hoş kokusundan dolayı parfüm yapımında kullanılmaktadır. Peru balsamından daha koyu renkli bir balsam olan Tolu balsamı ise öksürük şuruplarında ve pastillerde kullanılmaktadır. Tolu balsamı, Kolombiya ve Amerika'nın ekvator bölgelerinden elde edilmektedir.



Görsel 3.34: Parfüm yapımında kullanılan Peru balsamı

Çözücü olarak kullanılan esterler: Dimetil süksinat, dimetil glutarat, dimetil adipat ve etil asetat gibi esterler yapısal olarak suyun yapısına çok yakın özelliktedir. Aynı zamanda çevre dostu ve ucuz oluşları kimya endüstrisinde bu maddelerin çözücü olarak geniş kullanım alanlarına sahip olmasını sağlamıştır. Örneğin etil asetat; kahve ve çaydaki kafeinin uzaklaştırılmasında, asetonla karıştırılarak ojelerin çıkarılmasında kullanılır. Bütil asetat, özellikle boya üretiminde kullanılan önemli bir çözücüdür. Reçineler, yağlar ve mürekkepler için iyi bir çözücüdür. İzopropil asetat; matbaa mürekkebi imalatı, kozmetik sanayi ve plastik üretiminde kullanılan selüloz ve yağlar için iyi bir çözücüdür. Bu nedenle matbaa mürekkebi imalatında, kozmetik ve plastik sanayisinde kullanılmaktadır.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 3.8.

Aşağıda isimleri verilen bileşiklerin karşılarında belirtilen noktalı alana molekül formüllerini çiziniz.

a. Metil propanoat .... **b.** Metil etanoat ....



Etkinlik 3.1: Sabun Eldesi Deneyi



Deneyin Amacı: Katı sabun elde etmek

Gerekli Malzemeler

- Beherglas (500 mL'lik)
- %20'lik NaOH çözeltisi
- Mezür
- Üçayak
- Glikol
- Doymuş NaCl çözeltisi
- Süzgeç kâğıdı
- Piset
- Yağ
- Cam baget
- Huni
- Isıtıcı

Deneyi Uygulayalım

- Beherglasa mezür yardımı ile 25 mL yağ, 15 mL glikol ve 25 mL %20'lik NaOH çözeltisinden ekleyiniz.
- Cam baget yardımı ile beherglastaki maddeleri karıştırınız.
- Beherglası ısıtıcıya alıp kısık ateşte yağ çözünene kadar ısıtınız.
- Yağ çözündükten sonra beherglası ısıtıcıdan alınız.
- Beherglası ara sıra cam baget yardımı ile karıştırıp iyice soğutunuz (yaklaşık 1 saat).
- İyice soğuyan karışıma piset yardımı ile biraz saf su ekleyiniz.
- Üzerine mezür yardımı ile 100 mL doymuş NaCl çözeltisi ekleyiniz.
- Huniyi üçayağa şekildeki gibi bağlayıp süzgeç kâğıdını huniye yerleştiriniz daha sonra karışımı süzünüz.



- Süzgeç kâğıdında kalan çökeleği kurumaya bırakınız.
- Kuruyan çökelekten bir miktar deney tüpüne alınız.
- Deney tüpüne saf su ekleyip çalkalayınız.
- Deney tüpünde meydana gelen değişimleri gözlemleyiniz.

Deneyi Değerlendirelim

- Deney tüpünde ne gözlemlediniz? Bu durumun nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.
- Katı madde ne zaman oluşmaya başladı? Nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.
- Deneyin kimyasal denklemini arkadaşlarınızla birlikte yazmaya çalışınız.

ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki paragrafta boş bırakılan yerleri, uygun kelimeler ve kavramlar ile tamamlayınız.

çift	alkenler	hidrojen	pi	doymuş	karmaşık
sigma	basit	alifatik	olefinler	asetilenler	tek
alkanlar	karbon	benzen	üçlü	parafinler	alkin

Karbon ailesinin en ....(1) üyesi olan hidrokarbonlar, sadece ....(2) ve ....(3) içeren bileşiklerdir. Hidrokarbonlar, ...(4) ve aromatik hidrokarbonlar olarak ikiye ayrılır. Aromatik hidrokarbonlar, molekül yapılarında ....(5) halkası içeren hidrokarbonlardır. Bir hidrokarbonun ....(6) ya da doymamış olması yapısında ....(7) bağı içerip içermemesi ile anlaşılır. ....(8) doymuş, ...(9) ve ....(10) doymamış hidrokarbonlardır. Alkan molekülündeki karbon atomları birbirlerine ....(11) bağları ile bağlıdır. Alkanlar, ...(12) olarak da adlandırılır. Alkenler, karbon atomları arasında en az bir ....(13) bağ içeren hidrokarbonlardır. ....(14) olarak da adlandırılır. Alkinler, karbon atomları arasında en az bir ....(15) bağ içeren hidrokarbonlardır. ....(16) olarak da adlandırılır.

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen bileşikleri adlandırınız.

a. 

b. 

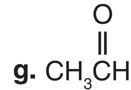
c. 

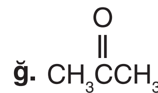
ç. 

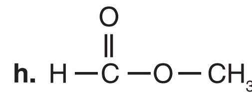
d. 

e. 

f. 

g. 

ğ. 

h. 

2. Yapısında karbonil fonksiyonel grubu bulunduran iki farklı sınıfa ait bileşik örneği yazarak bunları adlandırınız.

3. Hidrokarbonları sınıflandırıp bir hidrokarbon çeşidini kısaca açıklayınız.

4. Esterlerin yer aldığı iki doğal madde örneği vererek bunları açıklayınız.

5. İzomerleri sınıflandırarak üç karbonlu bir alkin bileşiğinin olası izomerlerini yazınız.

6. Karboksilik asitlere üç örnek vererek bunların yaygın adlarını, doğal kaynaklarını ve kullanım alanlarını yazınız.

7. Fonksiyonel grup nedir açıklayınız ve üç örnek veriniz.

8. Alkanların kullanım alanlarına üç örnek veriniz.

9. Alkollerden etanolün kullanım alanına iki örnek vererek elde edilme yollarından birini yazınız.

10. Aromatik hidrokarbonlara üç örnek vererek bunlardan birini açıklayınız.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz. İfadeler doğru ise "D" harfini işaretleyiniz, yanlış ise "Y" harfini işaretleyerek ifadenin doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

1. Hidrokarbonlar, sadece karbondan ve hidrojenden meydana gelen bileşiklerdir.	(D) (Y)	
2. Ketonlar, indirgen özellik gösterir.	(D) (Y)	
3. Alkanlar, doymuş yapılı hidrokarbonlardır.	(D) (Y)	
4. Aromatik bileşiklerin ilk üyesi metandır.	(D) (Y)	
5. Alkoller geleceğin yakıtı olarak düşünülmektedir.	(D) (Y)	
6. Eterler, kimyasal tepkimelere yatkın bileşiklerdir.	(D) (Y)	
7. Aldehit ve ketonlar karbonil grubu içerir.	(D) (Y)	
8. Karbonil grubuna sahip bileşikler değişik ve güzel kokuludur.	(D) (Y)	
9. Doymuş yağ asitleri, karboksil grubuna bağlı alkil grubunda π (pi) bağı bulundurur.	(D) (Y)	
10. Eşit karbon sayılı karboksilik asitle alkoller birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.	(D) (Y)	

Ç. Aşağıda verilen tanımları ilgili kavramlarla eşleştiriniz.

Tanımlar

1. Koyun yününün yağından elde edilen uzun zincirli mum esteri.
2. Alkanlardan bir hidrojen atomunun ayrılması ile oluşan yapı.
3. Alkoksi fonksiyonel grubu içeren alkanlar.
4. Kapalı formülleri aynı, açık formülleri farklı bileşikler.
5. Yapısında benzen halkası bulunduran bileşikler.
6. Aldehit ve ketonların içerdiği fonksiyonel grup.
7. Yapısında π (pi) bağı içermeyen hidrokarbonlar.
8. Cis–, trans– izomerlik gösteren hidrokarbonlar.
9. Benzen halkasına –OH grubu bağlanması ile oluşan yapı.
10. Yapısında bir tane –OH grubu içeren alkoller.

Kavramlar

Alkil ( )	Karbonil ( )	Monoalkoller ( )	Eterler ( )
Lanolin ( )	Bal mumu ( )	Fenol ( )	Doymuş hidrokarbonlar ( )
Aromatik bileşikler ( )	Alkenler ( )	İzomer ( )	Karboksil ( )

D. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen bileşiklerden hangisi hidrokarbondur?

A) CH_3OH B) $C_2H_5NH_2$ C) C_4H_{10} D) CH_3COOH E) C_2H_6O

2. Hidrokarbonlarla ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Alifatik ve aromatik hidrokarbonlar olarak ikiye ayrılır.

B) Aromatik hidrokarbonlar doymuş ve doymamış olarak kendi içinde ikiye ayrılır.

C) Alkanlar, doymuş hidrokarbonlardır.

D) Sadece karbondan ve hidrojenden meydana gelir.

E) Alkanlar, alkenler ve alkinler hidrokarbon bileşikleridir.

3. Aşağıdakilerden hangisi fonksiyonel grup içermez?

A) Alkanlar B) Alkenler C) Alkoller D) Aldehitler E) Esterler

4. Karbonil bileşikleri ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Aldehit ve ketonlar karbonil bileşikleridir.

B) Yapılarında sp^2 hibritleşmesi yapmış karbon atomu bulunur.

C) Birçoğunun kendine özgü hoş kokusu vardır.

D) Karboksilik asitler de karbonil grubu içerir.

E) Kimyasal tepkimelere yatkın değildir.

5. I. Yapılarında karbonil grubu bulunur.

II. Genellikle karboksilik asitlerin hidroksil grubunun yerine alkil grupların bağlanması ile oluşur.

III. Kolaylıkla hidroliz olup karboksilik asitlere dönüşür.

Esterler ile ilgili yukarıda verilen yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

6. Aromatik bileşiklerle ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Yapılarında genellikle benzen halkası içerir.

B) Arenler olarak adlandırılır.

C) Büyük bir kısmının kendine özgü hoş kokusu vardır.

D) Kararsız bileşiklerdir.

E) Naftalin, anilin ve fenol en bilinen örnekleridir.

7. Alkollerin kullanım alanları ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Yangın söndürücü olarak yangın söndürme tüplerinde kullanılmaktadır.

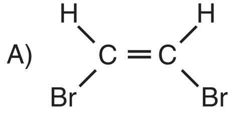
B) Kolonya yapımında kullanılmaktadır.

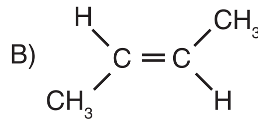
C) Kozmetik sanayisinde parfüm yapımında kullanılmaktadır.

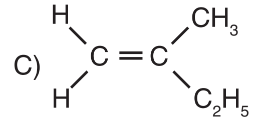
D) Antiseptik olarak yara temizliğinde kullanılmaktadır.

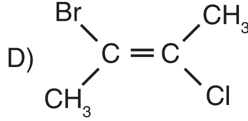
E) Araba radyatörlerinde antifriz olarak kullanılmaktadır.

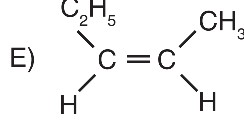
8. Aşağıda verilen bileşiklerden hangisinde cis- trans- izomerlik yoktur?

A) 

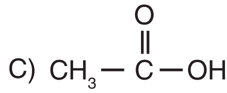
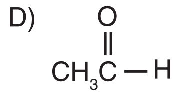
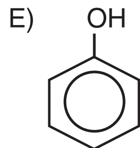
B) 

C) 

D) 

E) 

9. Aşağıdaki bileşiklerin hangisinin karşısında verilen sınıfı doğrudur?

Bileşik	Sınıfı
A) 	Keton
B) 	Alken
C) 	Ester
D) 	Aldehit
E) 	Alkol

10. I. Alkenler

II. Aldehitler

III. Ketonlar

Yukarıda verilen bileşik sınıflarından hangisi ya da hangileri karbonil fonksiyonel grubu içerir?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

11. Aşağıda verilen eşit karbon sayılı bileşik sınıflarından hangileri birbirinin izomeridir?

A) Alkadienlerle sikloalkanlar

B) Alkanlarla alkenler

C) Karboksilik asitlerle eterler

D) Alkinlerle sikloalkanlar

E) Aldehitlerle ketonlar

12. Aşağıdaki bileşiklerin hangisinin karşısında verilen adlandırması yanlıştır?

Bileşik	Adlandırması
A) $CH_3-C(=O)-OH$	Asetik asit
B) $H-C(=O)-O-CH_3$	Metil format
C) $CH_3-CH(Br)-COOH$	2-Bromopropanoik asit
D) $CH_3-C(=O)-CH(OH)-CH_3$	3-Hidroksi-2-bütanon
E) Benzen halkası; OH ve CH_3 sübstitüentli (meta konumunda)	2-Metil-fenol

13. Aşağıda verilenlerin hangisi $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$ bileşiği ile izomer değildir?

A) $CH_2=CH-CH=CH-CH_3$

B) $CH\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$

C) Siklopenten (beşgen halka, bir çift bağlı)

D) $CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_3$

E) $CH\equiv C-CH(CH_3)-CH_3$

14. $CH_3-CH=CH-CH(CH_3)-CH_3$

Yukarıda verilen bileşikle ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

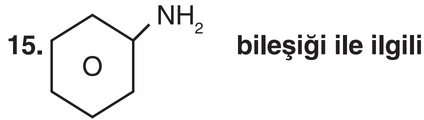
A) IUPAC sistemine göre 2–Metil–3–penten olarak adlandırılır.

B) Doymamış hidrokarbondur.

C) Cis– trans– izomerlik gösterir.

D) Siklohekzan ile yapı izomeridir.

E) C_6H_{12} kapalı formülüne sahiptir.

15. 

bileşiği ile ilgili

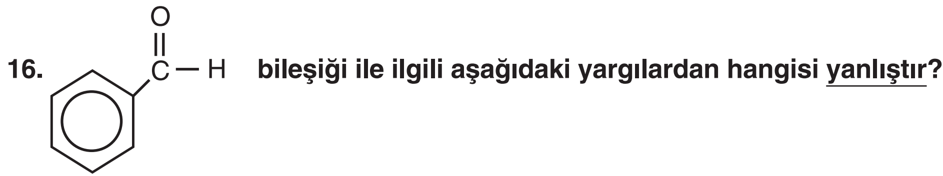
I. Aromatik hidrokarbondur.

II. IUPAC sistemine göre anilin olarak adlandırılır.

III. Boya yapımında kullanılır.

yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III

16. 

bileşiği ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

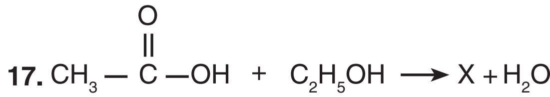
A) sp^2 hibritleşmesi yapmış karbon atomu içerir.

B) Karbonil grubu içerir.

C) Aromatik hidrokarbondur.

D) Yaygın adı benzaldehittir.

E) Tollens çözeltisi ile gümüş aynası oluşturur.

17. 

Tepkimesi sonucu oluşan X bileşiği ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Eter sınıfı bileşiktir.

B) Etil etanoat olarak adlandırılır.

C) Polar yapılıdır.

D) Suda hidroliz olur.

E) Bütanoik asit ile fonksiyonel grup izomeridir.

18. 

Tepkimesi sonucu oluşan X bileşiği ile ilgili

I. 1,2-Dibromo-propan olarak adlandırılır.

II. Doymuş yapılı bir hidrokarbondur.

III. Molekülündeki tüm karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I ve III



4. Ünite
ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

İçerik

• Bu ünite ile tükenmekte olan fosil yakıtlarına ve bu yakıtların çevreye verdiği zararlara farkındalık yaratılması, alternatif enerji kaynaklarının bilim, toplum, teknoloji, çevre ve ekonomi açısından değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın toplum ve çevre için öneminin kimya bilimi ile ilişkilendirilmesi ve nanoteknolojik gelişmelerin bilim, toplum, teknoloji, çevre ve ekonomiye etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.



Hazırlık Çalışmaları

1. Çevre kirliliğinin nedenleri nelerdir? Çevre kirliliğinin önlenmesi için neler yapılabilir? Araştırınız.

2. Yenilenebilir enerji kaynakları nelerdir? Araştırınız.

3. Sürdürülebilir kalkınma ne demektir? Sürdürülebilir kalkınma için neler yapılabilir? Araştırınız

4. Nanoteknoloji nedir?Araştırınız.

GİRİŞ

Dünya'da ve ülkemizde fosil yakıtları birincil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte enerji tüketimi de artmaktadır. Fosil yakıtlar sürdürülebilir bir enerji değildir. Bu nedenle fosil yakıtlarının kullanımının artması bu enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalmasına ve enerji fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca bilinçsiz kullanımdan kaynaklanan çevre problemleri de Dünya'mızı tehdit etmektedir (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: *Fosil yakıtlarının neden olduğu hava kirliliği özellikle kış aylarında gözle görülür hâl almaya başlamıştır.*

Fosil yakıtların önümüzdeki yıllarda tamamen tükeneceği bir gerçektir. Bu nedenle Dünya'da ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmaktadır. Bu ünitede fosil yakıtların oluşum süreçleri, çevreye verdiği zararlar ve bu zararları azaltmak için neler yapılabileceği üzerinde duracağız. Ayrıca fosil yakıtlarına alternatif enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik üzerinde durup geleceğin teknolojisi olarak tanınan nanoteknolojiden bahsedeceğiz.

4.1. FOSİL YAKITLAR

Fosil, "geçmiş yer bilimi zamanlarına ilişkin hayvanların ve bitkilerin yer kabuğu kayaçları içindeki kalıntıları veya izleri" olarak tanımlanmaktadır. **Fosil yakıtlar** da bu kalıntılardan meydana gelen yüksek hidrokarbon içeriğine sahip kömür, petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarının tümüne verilen genel addır. Mineral yakıt olarak da adlandırılırlar.

4.1.1.Fosil Yakıtların Oluşum Süreci

Enerji kaynağı olarak kullandığımız kömür, petrol ve doğal gazın içeriğinin neler olduğunu ya da doğada nasıl oluştuğunu hiç düşündünüz mü? Büyük oranda karbon içeren bu yakıtlar, milyonlarca yıl öncesinden kalmış bitki ve hayvan fosilleridir. Farklı oluşum süreçlerine sahip bu yakıtların oluşum süreçlerini açıklamaya çalışalım.

4.1.1.1. Kömür Oluşumu

Kömür, (Görsel 4.2) yanabilen bir tür organik kayadır. Kömür asıl bileşeni olan karbonun yanında hidrojen, oksijen, kükürt ve azot elementlerini de içerir. Kömürün yapısında kil ve kum gibi anorganik maddeler de bulunabilir.

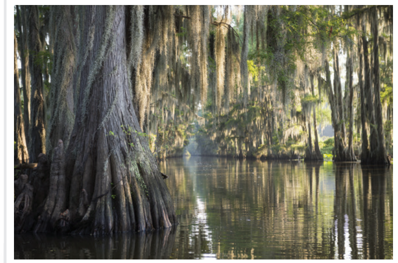


Görsel 4.2: *Kullanım alanı çok olan kömür fosil yakıtı.*

Kömür; kaya tabakalarının arasında milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Toprağın derin kısımlarında kilometrelerce genişlikte ve düz tabakalar hâlinde bulunur.

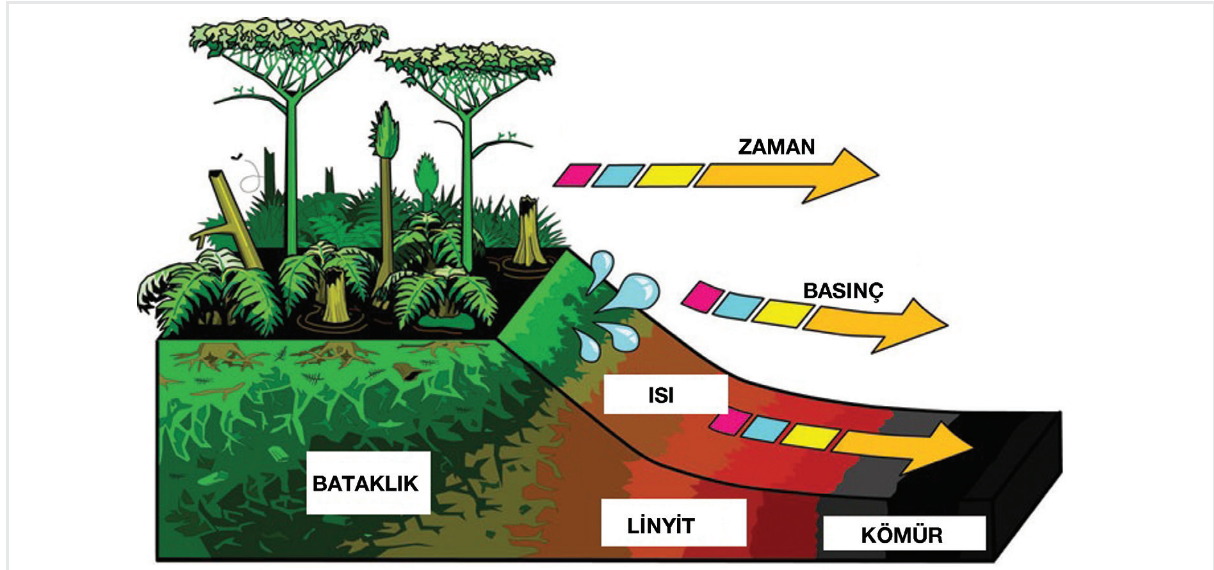
Milyonlarca yıl süren kömür oluşumunun nasıl gerçekleştiğini hiç düşündünüz mü?

Kömür; milyonlarca yıl önce rutubetli ve sıcak iklimlerde, bataklık ortamlarda yetişen eski ağaç ve bitkilerin kalıntısıdır.



Görsel 4.3: *Bataklıklardaki dev yapılı bitkiler fosilleşerek kömürü meydana getirmektedir.*

Bataklıklarda yetişen çalılık, eğrelti otları ve dev yapılı bitkiler zamanla ölmüş ve buralara gömülmüştür. Bu dev yapılı bitkiler (Görsel 4.3) uygun şartların sağlandığı durumlarda bozunarak bataklık suyu ile bir jel hâline gelmiştir. Burada bahsedilen uygun koşullar; nemli ve sıcak iklim, bataklık suyunun pH'sinin 4-5 civarında bulunması, bataklığın zamanla aşağı doğru çökelmesi, çamur ve kumla kaplanmasıdır. Oluşan bu yapı bazı kimyasal reaksiyonlar sonucunda hem fiziksel hem de kimyasal değişimlerle sertleşip kömür hâline gelmiştir.



Şekil 4.1: *Bataklık ortamında basınç ve ısı etkisi ile zamanla kömürleşme süreci*

Bitkiler uygun bataklık ortamında birikir, çökelir ve sonunda jeolojik oluşumlarla birlikte yer altına gömülür. Yerin altında oluşan bu organik kütleler, gömülmenin etkisi ile oluşan basınç şartlarından ve ortamın sıcaklığından etkilenir. (Şekil 4.1) Bu



Bunları Biliyor muyuz? 4.1.

Ülkemizde ilk taş kömürü madenciliği Uzun Mehmed'in 1829 yılında Ereğli'de kömürü bulmasıyla başlamıştır.



Bunları Biliyor muyuz? 4.2

Petrol kelimesi Latince kökenlidir. Latince petra=kaya, ole-um=yağ sözcüklerinden türetilmiştir ve "kaya yağı" anlamına gelir.



Görsel 4.4: *Ham petrol siyah renkli akışkan bir sıvıdır.*

organik kütlenin bünyesinde zamanla fiziksel ve kimyasal değişim meydana gelir. Kömürün ataları olarak bilinen ve turba diye adlandırılan bu organik maddeler, zamanla daha koyu renklere dönüşüp daha sert bir yapıya sahip olur. Sıcaklık ve basınç şartlarının bu kütlelere etkimesi sonucu su, su buharı, karbon dioksit, oksijen ve ileri aşamalarda hidrojen ortamdan uzaklaşır. Tabi ki bu süreçte uygun şartların, ortamın sıcaklık şartlarının binlerce yıl baskın olması ve artması gerekmektedir. Volkanik faaliyetler, depremler sonucu oluşan fay hareketleri, radyoaktif elementlerin bulunduğu bölgelerde yerin sıcaklığını normalden çok daha fazla miktarda artırmaktadır. Yerin ısısı arttıkça turba olarak adlandırılan organik madde sırasıyla linyit, taş kömürü, antrasit ve uygun koşullar oluşursa grafite dönüşür. Bu ilerleyen olgunlaşma sürecine **kömürleşme** denir.

https://goo.gl/F7fbd2 linkinden kömür oluşumu ile ilgili videoya ulaşabilirsiniz.

4.1.1.2. Ham Petrol ve Doğal Gazın Oluşumu

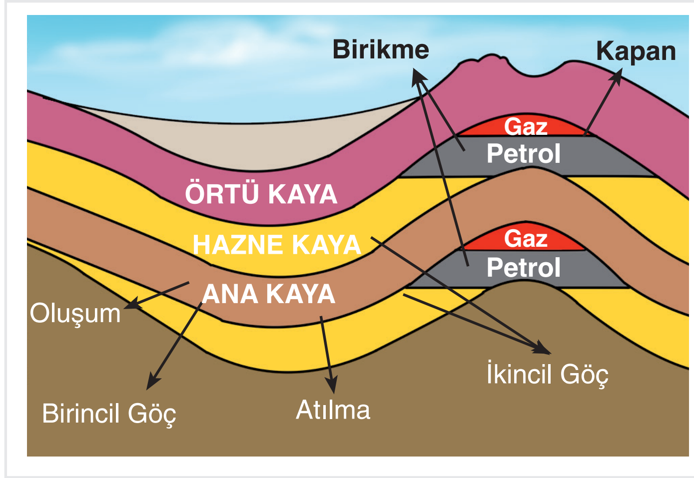
Petrol, altın kadar değerli bir maddedir. Bu nedenle siyah altın olarak da adlandırılmaktadır. Peki, bu kadar değerli olan petrol nedir ve nasıl oluşur?

Petrol, toprak altında uzun yıllar kalmış bitkisel ve hayvansal maddelerin çürümesi sonucu oluşan karmaşık hidrokarbon karışımıdır. Ham petrol yani işlenmemiş petrol, tortul kayalıklarda, kayaçlar arasındaki büyük boşluklarda toplanmış siyah renkli akışkan bir sıvıdır (Görsel 4.4).

20. yüzyılın başlarından bu yana yapılan çalışmalar sonucu petrolün oluşumuna yönelik çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Bu teorilerden günümüzde de geçerliliğini sürdüren en önemli teori, tüm hidrokarbonların denizlerde, göllerde ya da akarsularda yaşamını yitirmiş bitkisel ve hayvansal maddelerin bu ortamların tabanında birikmeleri sonucu oluştuğudur.

Ölü organizmalar akarsuların bu ortama taşıdığı kum, kil, çakıl, çamur ve mineral taneciklerle birlikte dibe çökerek yığılır. Milyonlarca yıl süren çökelme ve yığılma, su diplerinde tabakalar hâlinde gittikçe kalınlaşan çökeltileri oluşturur. Zamanla altta kalan tabakaların, üzerine çöken yeni tabakalarla birlikte tabana uygulanan ağırlık artar. Sürekli artan ağırlık ve basıncın etkisiyle tabakalar sıkışmaya ve birbirlerine tutunmaya başlar. Böylece kaya hâline dönüşmüş olurlar. Organik artıklar da oluşan bu kayalardaki gözenekli boşluklarda su ile birlikte sıkışır. Isı, basınç

ve bakteri etkisi gibi faktörlerle kimyasal bozunma sonucunda parçalanıp moleküler değişime uğrarlar. Bu bozunma süreci sonucunda organik kökenli katılar, sıvılar ve gazlar oluşur. Bu sıvılar ve gazların bozunma süreci devam ederek fosil yakıt olarak adlandırdığımız ham petrol ve doğal gaz meydana gelir.



***Şekil 4.2:** Ham petrol ve doğal gazın oluşumu*

Şekil 4.2'deki gibi organik maddece zengin kayaya **ana kaya** ya da **kaynak kaya** adı verilir. Kil, kum, organik atık kabukları ve mineraller hem fiziksel hem de kimyasal değişimlerle sıkışarak taşlaşır ve yer altı kayaç katmanlarını oluşturur. Petrol ve deniz suyu, sıkışan çökeltilerin içinden damlacıklar hâlinde sızarak birikebileceği boşluklar arar. Bu boşlukların bulunduğu gözeneklerin içinde petrol ve gaz oluşan kayaçlara **hazne kaya** adı verilir.

Petrol, oluşum sürecinde yüksek oranda organik madde içeren ana kaya içinden sıkışarak daha gözenekli kayalara yani hazne kayalara **göç** eder. Buna **birincil göç** denir. Bu göç olayı kilometrelerce yatay ve düşey yönde olabilir. Petrol sudan daha düşük yoğunluğa sahip olduğundan göç ettiği bu gözenekli kayada su ile düşey olarak yer değiştirmeye başlar. Bu olaya petrolün **ikincil göçü** denir. Bu göçlerle birlikte petrolün bir kısmı, yol bulup yeryüzüne ve deniz diplerine sızarken bir kısmı da kayaç gözenekleri içinde sıkışır ve başka kayaca göç edemez. **Petrol kapanı** olarak adlandırılan bazı yer altı yapılarında birikir. Petrolün bu durumu çay bardağındaki çaya bandırılmış bir kesme şekerin gözeneklerine dolmuş hâlde bulunan çaya benzemektedir. Bu şekilde bulunan petrol; hazne kayanın çatlak, yarık ve gözenekleri içinde milyonlarca yıl saklı kalmayı başarır.



Bunları Biliyor muyuz? 4.3

Petrol aramalarında ana hedef petrol kapanlarının saptanmasıdır. Bu nedenle petrol aramaları öncelikle bir jeoloji sorunudur ve özel bilgi ve teknik gerektirir. Yeraltındaki petrolün varlığını doğrudan gösteren hiçbir yöntem yoktur. Petrol aramada ilk aşama, petrolün olabileceği jeolojik açıdan uygun yerlerin tespit edilmesidir.

Petrolün hazne kaya içinde kapanlanabilmesi için geçirimsiz bir tabakaya ihtiyacı vardır. Bu tabakaya **örtü kaya** adı verilir. Petrolün içinde toplanabildiği kapanlar iki yoldan meydana gelebilir. Petrol kapanları, oluşumlarına yol açan olaylara göre isimlendirilir. Bunlar, yer kabuğu hareketleri sonucunda oluşan tektonik olaylar ve tabakalaşma anlamına gelen stratigrafik olaylardır. Tektonik olaylar, yer kabuğu hareketleri sonucunda oluşur. Stratigrafik olaylar ise tabakalaşma sonucu oluşur.

Ham petrol, yer altındaki kayaçların mikroskobik gözeneklerinin ve çatlaklarının içinde bir gaz tabakası ile birlikte bulunur. **Doğal gaz** adı verilen bu gaz tabakası, metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan oluşan bir karışımdır. Doğal gaz da petrol gibi kayaçların gözeneklerinde bulunur ve kayaç içinden akarak üretim kuyularına ulaşır. Doğal gaz, evlerimizde kullandığımız en temiz fosil yakıttır. Doğal gazın yanması ile karbon dioksit, su buharı ve azot oksitler oluşur. Bu durum doğal gazın yapısında azot ve oksijen bulunduğunu gösterir. Ayrıca doğal gazda hidrojen sülfür ve az miktarda helyum gazlarına da rastlanır.

4.1.2. Fosil Yakıtların Çevreye Zararları

Çevre kirliliği denildiğinde aklınıza neler geliyor?

Kimi insan için bu söz, denizin bulanık rengi ve üzerinde yüzen çöplerdir, bir başkası için kışın nefes almakta zorluk çektiği havadır, bazıları için yerlere atılmış çöplerdir, bir başkası için ise ozon tabakasında meydana gelen delinme ve fosil yakıtların kullanımı ile atmosferde biriken karbondioksidin yol açtığı iklim değişiklikleridir (Görsel 4.5). Ne yazık ki bu örnekleri çoğaltmak mümkündür.





Görsel 4.5: *Çevre kirliliğine ilişkin bazı fotoğraflar*

Genel bir tanımla çevre, canlı ve cansız varlıkların bir arada bulundukları, birbirini etkiledikleri ve iletişim hâlinde yaşadıkları ortamı ifade eder. İnsan her yönü ile çevreyi etkileyen unsur olmasına rağmen insanın faaliyetleri sonucu etkilenip kirlenen toprak, su ve hava insanlığı tehdit edecek ve insanlara yaşama imkânı tanımayacaktır.

Çevre sorunları; hava, su ve toprak kirlenmesi ile başlayıp iklim değişikliklerinin oluşmasına kadar uzanan, ülkeler arasında Kyoto Protokolü gibi çeşitli çevre düzenlemelerine uyma zorunluluğu olan antlaşmalar imzalanmasına neden olmuştur.

Günümüz çevre sorunlarının en büyük sebebi, artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte fosil yakıtlarının bilinçsizce kullanılması ve israf edilmesidir.

Bilinçsizce kullanılan ve israf edilen fosil yakıtlarının yaydığı başta karbon dioksit olmak üzere, kükürtdioksit, azot oksitler ve bazı hidrokarbonlar sera etkisine (küresel ısınma) neden olmaktadır. Ayrıca atmosfere yayılan bu gazlar, yağmur damlaları ile birleşerek sülfürik asit, nitrik asit ve karbonik asit gibi çeşitli asitlere dönüşmekte ve asit yağmurlarına neden olmaktadır. Asit yağmurları, toprak ve su kirliliğine neden olarak tüm canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir.

Atmosferdeki karbon dioksit, metan, su buharı ve diğer bazı gazlar yeryüzünden yansıyan ısıyı tutarak Dünya'nın sıcaklığını korur. Bir seradaki camların bitkileri sıcak tutması gibi bu gazlar da Dünya'yı sıcak tutar. Bu doğal duruma **sera etkisi** denir. Eğer bu gazlar olmasaydı Dünya sıcaklığı bugünkünden 30 °C daha az olacaktı.

Fosil yakıtların çeşitli alanlarda tüketimi, atmosferde karbon dioksit ve diğer sera gazlarının (metan, ozon, azot oksitleri) miktarını giderek arttırmaktadır. Miktarı artan bu gazlar, doğal sera etkisini artırmakta ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınma sonucu Dünya atmosferi ve okyanuslarda ortalama sıcaklık artmaktadır.



***Görsel 4.6:** Küresel ısınma Dünya'mızı tehdit etmektedir.*

Küresel ısınma Dünya ikliminde önemli değişiklikler meydana getirmiştir (Görsel 4.6). Kışların eskiye oranla daha az soğuk ve yağışsız, yazların ise daha sıcak ve kurak geçmesi küresel ısınma sonucudur. Dünya haberlerine baktığımızda bazı ülkelerde aşırı yağış ve su baskınlarının oluştuğunu, bazı bölgelerde ise



Bunları Biliyor muyuz? 4.4

Ülkemizdeki kömür rezervlerinin çoğunluğu linyit kömürüdür. Linyit kömürü en düşük karbon içeriğine ve en yüksek nem oranına sahip kömür türüdür. Kirletme oranı çok yüksektir ve enerji değeri düşüktür. Bu kömür, santrallerin verimini düşürür.



Görsel 4.7: *Motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları hava kirliliğine neden olmaktadır.*

kuraklıkların yaşandığını duymuşsunuzdur. Tüm bunlar küresel ısınma sonucunda meydana gelmektedir. Buzulların erimesi, deniz seviyelerindeki artış, yerkürenin ısınması ve kuraklık gibi dünyayı tehdit eden olayların sebebi küresel ısınmadır. Küresel ısınmanın sebeplerinden biri de insanların fosil yakıtlarını israf etmesi ve bilinçsizce tüketmesidir.

Örneğin, evlerimizde ısınma amaçlı düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın kullanılması çok fazla karbon dioksit salınımına neden olmaktadır. Doğal gaz kullanımı ise daha az karbon dioksit salınımı yapmaktadır.

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları da önemli ölçüde hava kirliliğine neden olmaktadır (Görsel 4.7). Ayrıca sanayi tesislerinin çevreyi korumak için gerekli tedbirleri almaması (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.) ve üretim aşamasında enerji için kullanılan yakıtlar çevremizi kirletmektedir.

Fosil yakıtların israf edilmesi de hiç şüphesiz hem havaya salınan karbon dioksit miktarını artırmakta hem de sonlu bir yakıt olan fosil yakıtları azaltmaktadır. Toplu taşıma araçları yerine özel otomobillerin kullanımı, kışın gereğinden fazla ısınmak için daha çok yakıt tüketimi, fosil yakıtların israfına neden olmaktadır.



Araştıralım 4.1.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararları araştırınız. Arkadaşlarınızla bu zararlı etkileri azaltmaya yönelik ne gibi çözüm önerileri bulunabileceğini beyin fırtınası yaparak tartışınız. Tartışma sonrası ortak kararlarınızı içeren bir poster hazırlayınız.

4.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil yakıtların her geçen gün biraz daha eksilmesi, fiyatının artması ve çevreye verdiği zararlar alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır.

Bu enerji kaynakları yenilenebilir yani tükenme riskleri yoktur. Doğaya ve canlılara dost yakıtlardır (Görsel 4.8). Çevresel etkileri, fosil yakıtlarına oranla çok azdır. Fakat maliyetlerinin yüksek olması ve mevcut enerji tüketim sistemlerinin teknik açıdan bu enerji kaynaklarına uyumsuzluğu, alternatif enerji kaynaklarının önündeki en büyük engellerdir.



Görsel 4.8: *Yenilenebilir enerji kaynakları ile temiz bir dünya amaçlanmaktadır.*

4.2.1. Bazı Önemli Alternatif Enerji Kaynakları

Alternatif enerji kaynaklarına; güneş, rüzgâr, hidrojen, jeotermal ve biyokütle enerjisi örnek olarak verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının üzerindeki mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözümlenmesi hâlinde yenilenebilir enerji kaynaklarının 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.

4.2.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşte meydana gelen ve hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sırasında açığa çıkan ışıma enerjisidir (Görsel 4.9). Tepkime sırasında açığa çıkan enerji çok fazladır. Bu enerjinin Dünya'ya gelen küçük bir bölümü bile Dünya'nın mevcut enerji tüketiminden çok daha fazladır. 1970'lerden sonra güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar hız kazanmıştır. Günümüzde, güneş enerjisi sistemlerindeki teknolojik ilerleme ile birlikte güneş enerji sistemlerinin maliyeti de düşme göstermiştir. Bu nedenlerden dolayı günümüzde çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Isıtma ve soğutma sistemleri ile elektrik üretiminde güneş enerjisi kullanılmaktadır.



Görsel 4.9: *Güneş'te hidrojen gazının helyuma dönüşümü sırasında çok yüksek enerji açığa çıkmaktadır.*

Türkiye güneş potansiyeli açısından zengin bir ülkedir. Bazı evlerin çatılarında güneş pilleri ve su depoları görmüşsünüzdür (Görsel 4.10). Bu sistemlerde güneş pilleri yardımı ile alınan güneş enerjisi ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Bu şekilde sıcaklığı 70-80 °C su elde etmek mümkündür. Bu sistem ülkemizde yaygın ancak verimsiz kullanılmaktadır.



Görsel 4.10: *Güneş enerji sistemleri*

Güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisinin üretildiği sistemler de vardır. Bu işlemde fotovoltaik hücreler olarak adlandırılan yarı iletken malzemeler, yüzeylerine gelen Güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirir. Yurt dışında birçok ülkede evlerin ve iş yerlerinin çatılarına yerleştirilen fotovoltaik hücreler yardımıyla güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülüyor ve kullanılıyor.



Görsel 4.11: *Rüzgâr enerjisinden elektrik elde edilmesini sağlayan rüzgâr türbinleri*

4.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin oluşumunda güneş enerjisinin dolaylı etkisi olduğunu biliyor muydunuz?

Dünya'nın şeklinden ve duruş açısından kaynaklanan durumlar nedeniyle Güneş; karayı, denizi, havayı, her yerde aynı ısıtamaz. Bundan dolayı sıcaklık ve basınç farkı oluşur. Bu fark da rüzgârlara sebep olur. Eski çağlarda yel değirmenleri ile su pompalamak; buğday, mısır gibi tarım ürünlerini öğütmek; denizde yelkenleri şişirip hız sağlamak için yararlanılmıştır. Rüzgâr enerjisinden yararlanabilmek için günümüzde, dev rüzgârgüllerini anımsatan rüzgâr türbinleri (Görsel 4.11) inşa edilmiştir. Bu türbinler genelde üç kanatlı olup yaklaşık 25 m yüksekliğindedir. Rüzgâr türbinleri dönerek elektrik üreten jeneratörü çalıştırır. Türbinler ne kadar yükseğe inşa edilirse o kadar verimli olur çünkü rüzgâr yüksekte hem daha fazladır hem de şiddeti daha az değişkenlik gösterir.

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Ham maddesinin tamamen yerli oluşu maliyeti de düşürmektedir. Ülkemizde kullanımı yaygındır.

4.2.1.3. Hidrojen Enerjisi

Güneş ve yıldızlarda meydana gelen tepkimelerde oluşan ısının yakıtı hidrojendir. Hidrojen, doğada serbest hâlde değil bileşikleri halinde bulunur. Bu nedenle hidrojen, doğal enerji kaynağı olarak tanımlanmaz.

Hidrojenin bileşiklerinden elde edilme sürecinde günümüzde fosil yakıtları ya da elektrik kullanılmaktadır. Bu da maliyeti artırmaktadır. Hidrojen üretiminde maliyetleri düşürücü teknolojik gelişmelere sayesinde hidrojenin alternatif enerji olarak kullanımının artması beklenmektedir. Çünkü hidrojen, fosil yakıtlara göre çok daha verimli bir yakıttır. Ayrıca yanma ürünü olarak sadece su oluşturduğu için çevreyi kirletici etkisi yoktur.

Dünya'nın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerjisi olduğu bugün bütün bilim insanlarınca kabul edilmektedir. Hidrojen, yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanacağımız bir enerji kaynağıdır.

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanılabilmektedir. Ayrıca katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Dünya'da hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pilleri üretimi artmaktadır. Yakıt pili, bir reaksiyonun kimyasal enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazdır. Yakıt pilleri, hidrojenin otomobillerde enerji kaynağı olarak kullanımının önünü açmıştır. Birçok ülkede, yakıt pilleri ile çalışan otomobiller kullanılmaya başlanmıştır. Birinci ünite de belirttiğimiz gibi ülkemizde de hidrojen ile çalışan otomobil üretilmiştir. Ancak hidrojenin otomobillere doldurulması ve taşınması maliyeti yüksek olduğu için bu otomobiller henüz kullanıma sunulamamıştır.

Hidrojenin araçlara doldurulması ve taşınması için yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler içinde metalhidrürlerle depolama yöntemi öne çıkmaktadır. Kullanılması önerilen metalhidrürlerden biri borhidrürdür. Dünya'da 600 milyon ton bor (Görsel 4.12) rezervi olduğu bilinmektedir. Bu rezervin yaklaşık 3/4'ü Türkiye'dedir. Bu nedenle bu yöntem ülkemizin kalkınması için çok önemlidir.

Borhidrürden yakıt olarak hidrojen eldesi aşağıdaki tepkime ile sağlanmaktadır.



$$NaBH_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{katalizör}} 4H_2 + NaBO_2$$

Sodyumborhidrür ($NaBH_4$) su ile karıştırılarak çözeltisi elde edilir ve bu şekilde depo edilir. Enerji üretmek için hidrojen ihtiyacı gerektiğinde uygun katalizör yardımı ile kimyasal reaksiyon başlatılır. Reaksiyon sonucu oluşan hidrojen gazı yakıt pilinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Tepkimede atık olarak oluşan sodyum metaborat çevre kirliliği yaratmayan bir maddedir. Reaksiyonda kullanılan katalizör, çözeltiden istenildiği zaman kolayca ayrılabilmekte ve reaksiyon, kontrollü bir şekilde sonlandırılabilmektedir.

Dünyada yakıt pilleri, ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde de kullanılmaktadır. Taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalarda (Görsel 4.13) ve elektrik santrallerinde güç sağlayıcı olarak da yakıt pilleri kullanılmaktadır.

Ülkemizde de hidrojenin yakıt olarak kullanımı için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesinde Prof. Dr. Turhan Nejat Veziroğlu Temiz Enerji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bu konu ile ilgili yoğun çalışmalar



Bunları Biliyor muyuz? 4.5.

Hidrojenin, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmıştır. Hidrojen, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır.



Görsel 4.12: *Bor minerali*



Görsel 4.13: *Cep telefonları ve bilgisayarlarda yakıt pilleri kullanılmaktadır.*



Bunları Biliyor muyuz? 4.6

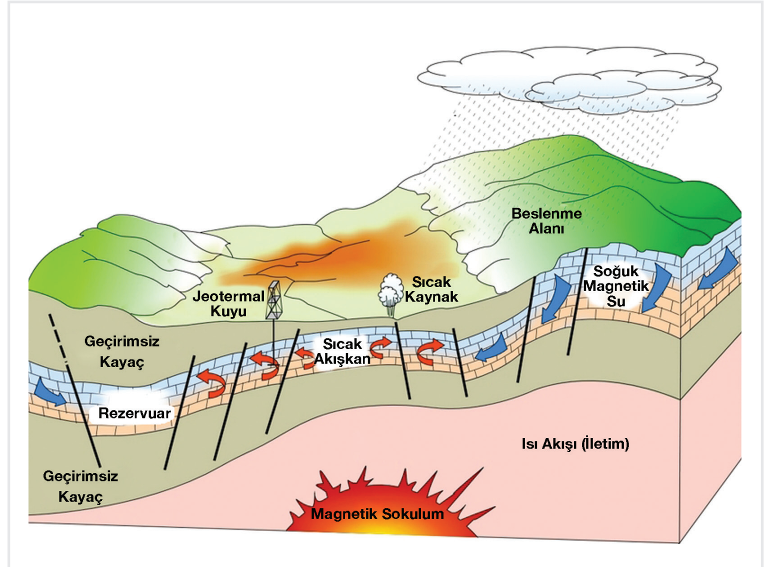
Jeotermal kaynaktan elektrik enerjisi ilk kez 1904 yılında İtalya'da elde edilmiştir.

yapılmaktadır. Araştırma merkezine ismi verilen Prof. Dr. Turhan Nejat Veziroğlu, Türkiye'nin yetiştirdiği dünya çapındaki isimlerden biridir. Hidrojen enerjisi konusunda dünyada otorite sahibi olan Dr. Veziroğlu'nun kısa bir öz geçmişi sayfa 194'te verilmiştir.

4.2.1.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan doğrudan ya da dolaylı olarak elde edilen enerjidir. Peki, jeotermal kaynak ne demektir?

Jeotermal kaynak basit olarak yer ısısı olarak tanımlanabilir. Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, birtakım kimyasal maddeler içeren sıcak su, buhar ve gaz karışımıdır. Şekil 4.2'de ideal bir jeotermal sistem verilmiştir.



Şekil 4.2: *İdeal bir jeotermal sistem*

Bir jeotermal sistemde yer altı sularının ısınmasını magma sağlar. Bu nedenle yer kabuğunun ince olduğu yerlerde jeotermal kaynaklar oluşur.

Jeotermal enerji, konut ısıtmada ve termal turizm olan kaplıcalarda doğrudan kullanılmaktadır. Kaplıcalardaki sıcak su jeotermal kaynaktan gelen sıcak sudur.

Ülkemiz jeotermal kaynak bakımından zengin bir ülkedir. Özellikle Ege Bölgesi ve Batı Anadolu başta olmak üzere, Orta ve Doğu Anadolu'da da jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Ege Bölgesi ve Batı Anadolu'daki kaynaklar yüksek sıcaklıkta jeotermal akışkana sahipken Orta ve Doğu Anadolu'dakiler orta ve düşük sıcaklıktadır.

Ülkemizde jeotermal enerji daha çok doğrudan kullanılmaktadır. Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretimine ilk kez Kızıldere jeotermal sahasında başlanmıştır. Günümüzde de bu sahada elektrik üretimi devam etmektedir. Aydın-Germencik, Aydın-Salavatlı ve Denizli-Tekkehamam sahalarında da elektrik üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Görsel 4.14).

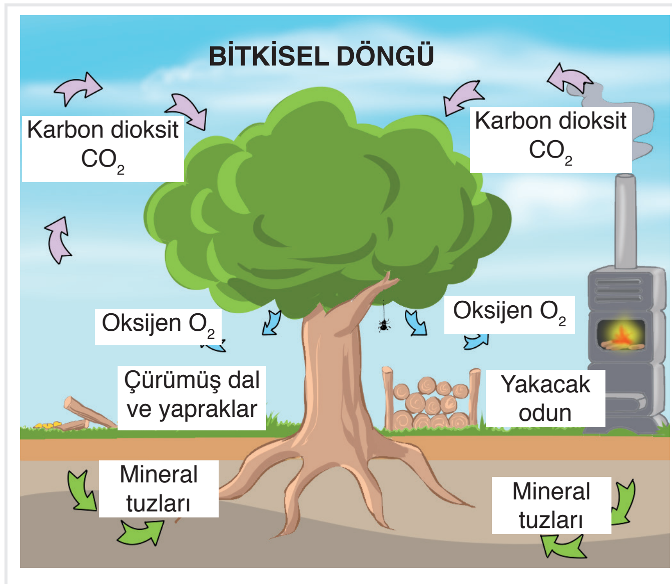
Jeotermal enerji, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerjidir. Çevre dostudur. Meteorolojik koşullardan bağımsız ve güvenilirdir (Patlama, zehirlenme, yangın vb riski yoktur.). Minimum alana ihtiyaç duyar ve ekonomiktir.



Görsel 4.14: *Jeotermal enerji santralleri*

4.2.1.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürüp depolamaları sonucu oluşan biyolojik kütle organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.3: *Bitkisel döngü*

Şekil 4.3'te verildiği gibi bitkiler, fotosentez ile organik maddeler sentezlerken aynı zamanda tüm canlıların solunumu için gereken oksijen gazını da atmosfere verir. Bitkilerin sentezlediği organik maddeler enerji kaynağıdır. Üretilen bu organik maddelerin yakılması ile oluşan karbon dioksit, atmosfere salınmaktadır. Ancak salınan karbon dioksit, daha sonra tekrar fotosentezle kullanılarak çevrenin karbon dioksit salınımı açısından korunmasını sağlar. Bitkiler sadece besin kaynağı değildir. Aynı zamanda tükenmez bir enerji kaynağıdır.



Görsel 4.15: *Evsel atıklar biyokütle kaynağıdır.*

Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları, Görsel 4.15) kaynak oluşturmaktadır.

Çöplüklerde grizu patlamalarının meydana geldiğini duymuşsunuzdur. Peki, bunun ne olduğunu biliyor musunuz?

Çöp depolama yerlerinde ve evsel atık su arıtım tesislerinde oluşan arıtma çamurları aerobik organizmalarca ayrıştırılarak metan gazına dönüştürülür. Oluşan metan gazı belirli bir düzeyin üstüne çıktığında havanın oksijeni ile karışarak bir patlama meydana getirir ve yanar. Bunun için belirli bir tutuşma sıcaklığı gerekir. Bu sıcaklık; açık ateş, fazla ısınan yüzey, sürtünme ve elektriklenme sonucu oluşabilir. Patlama sonrası oluşan karbon dioksit gazı sera etkisine neden olmaktadır.

Dünyada pek çok ülkede çöplüklerde oluşan metan gazı toplanarak elektrik enerjisine dönüştürülüp kullanılmaktadır. Çöplüklerde oluşan metan gazı kontrollü bir şekilde sondaj boruları ile toplanabilmektedir. Toplanan bu gaz arıtılarak gaz jeneratörleri ile elektrik enerjisi eldesinde kullanılmaktadır. Ayrıca toplanan gaz, doğal gaz sistemlerinde, araçlarda yakıt olarak ve kimya sanayinde saf metan hâline getirilerek de kullanılabilmektedir.



Bunları Biliyor muyuz? 4.7.

Ülkemizde ilk çöp gaz santrali Bursa Demirtaş'ta kurulmuştur.

Ülkemizde özellikle kırsal kesimlerde geleneksel yakıt olarak kullanılan hayvansal gübrenin samanla karıştırılması ile elde edilen tezek bir çeşit biyokütledir.

Hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucu elde edilen biyogaz da dünyada enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Biyogaz, artık organik maddelerin anaerobik fermantasyonu sonucu açığa çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya göre yoğunluk oranı 0,83 ve oktan sayısı 110 olan , parlak mavi bir alevle yanan gaz karışımıdır. Bu gazın bileşiminde %54–80 CH_4 ve %20–46 CO_2 bulunmaktadır. Bu tanımla biyogaz, doğal gazın üretime alınmış hâlidir. Doğal gaz, uzun yıllar kayaçlar altında organik maddeden havasız olarak üretilmiş bir biyogazdır.



Görsel 4.16: *Biyogaz eldesinde kullanılan bitkisel atıklar*

Biyogazın üretilmesinde öncelikle insan besini olarak kullanılmayan atık organik maddeler kullanılır. Bu organik maddeler bitkisel ve hayvansal olarak ikiye ayrılır. Bitkisel atıkları (Görsel 4.16); ince kıyılmış sap, saman, mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında açığa çıkan atıklar oluşturur. Hayvansal

atıklar ise sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardır. Organik maddelerden sığır gübresi, içinde metan bakterilerini içermesi nedeniyle ayrıca önem taşımaktadır. Bunun dışında her türlü organik maddeden biyogaz üretilmektedir.

Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle, enerji sorununu çözmek için kullanımı giderek önem kazanan bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynaktır. Her yerde elde edilebilmesi ve özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 4.1.

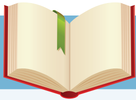
Aşağıda verilen ifadelerden doğru olanları “D”, yanlış olanları “Y” harfi ile belirtiniz.

(....) **1.** Doğal gaz bir alternatif enerji kaynağıdır.

(....) **2.** Alternatif enerji kaynakları yenilenebilirdir.

(....) **3.** Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini sağlar.

(....) **4.** Biyogaz, atık organik maddelerin anaerobik fermantasyonu sonucu oluşur.



OKUMA METNİ

Turhan Nejat Veziroğlu



Dr. Veziroğlu; City and Guild (Sitiy en Geld) Koleji, Imperial College of Science and Technology (İmperiyl Kalıç of Sayns en Teknoloci) ve Londra Üniversitesinden sırası ile makine mühendisliği, ileri mühendislik çalışmaları ve ısı transferi konularında uzmanlaşmış ve mezun olmuştur.

Askerlik hizmetini birtakım kamu ajanslarına hizmet sunan ve özel bir şirketi yöneten ordu donatım bölümünde tamamladıktan sonra 1962 yılında Miami (Mayami) Üniversitesi Mühendislik Fakültesine katılmıştır. 1965 yılında lisans çalışmaları yöneticisi olmuş ve Mühendislik ve Mimarlık Okulunun ilk doktora programını başlatmıştır. 1971 ile 1975 yılları arasında

Makine Mühendisliği Bölüm yöneticiliği yapmış bu süre zarfında 1973 yılında Temiz Enerji Araştırma Enstitüsünü [Clean Energy Research Institute (Klin Enerci Risörç İnstitü)] kurarak 1975 ile 1979 yılları arasındaki araştırmalarda dekan yardımcılığı görevini yürütmüştür. 2004-2007 yılları arasında görevli izine ayrılmış ve İstanbul'da UNIDO-ICHET'i [United Nations Industrial Development Organization-International Centre for Hydrogen Energy Technologies (Yunaytıt Neyşın İndastriyıl Developmınt Organizeyşın – İnterneyşinıl Sentır for Haydrıcın Enerci Teknolociyıs)] kurmuştur. 15 Mayıs 2009 tarihinde Miami Üniversitesinde Emeritus Profesör ünvanını almıştır.

Dr. Veziroğlu, 18-20 Mart 1974'te Miami'de ilk büyük hidrojen enerji konferansını [The Hydrogen Economy Miami Energy (THEME) Conference (Dı Haydrıcın Ekonomi Mayami Enerci Konferans)] organize etmiştir. Konferansın açılış konuşmasında hidrojen enerji sistemlerini, fosil yakıtların tükeniyor olması ve bu yakıtların kullanımının çevreye verdiği ciddi zararlara kalıcı çözüm olarak önermiştir. Kısa bir zaman sonra kurulan Uluslararası Hidrojen Enerji İşbirliği'ne [International Association for Hydrogen Energy: (İnterneyşınıl Asosieyşı for Haydrıcın Enerci IAHE] Dr. Veziroğlu başkan olarak seçilmiştir. IAHE başkanı olarak 1976 yılında iki yılda bir düzenlenen Dünya Hidrojen Enerji Konferansları'nı [World Hydrogen Energy Conferences: WHECs (Vord Haydrıcın Enerci Konferans)] ve 2005 yılında yine iki yılda bir düzenlenen Dünya Hidrojen Teknolojileri Kongreleri'ni [World Hydrogen Technologies Conventions: WHTCs (Vörld Haydrıcın Teknolocis is Konverşın)] başlatmıştır.

1976 yılında Dünya çapındaki hidrojen enerjisi konulu araştırma ve geliştirme sonuçlarının basılması ve paylaşılması için kurucu başeditör olarak International Journal of Hydrogen Energy (İnterneyşınıl Jörnıl of Haydrıcın Enerci) (IJHE) dergisini basmaya başlamıştır. Sürekli büyüyen dergi, şu anda yılda 48 basım yapmaktadır. Dr. Veziroğlu 350 civarında makale ve bilimsel rapor yazmış, 160 kitap ve bildiri editörlüğü ve "Solar Hydrogen Energy (Solar Haydrıcın Enerci): The Power to Save the Earth" (Dı Pavır to Sayv dı ört) kitabının ortak yazarlığını yapmıştır. IJHE'yi oluşturan ve HEPLLC'nin genel yönetim müdürlüğünü yürüten Hydrogen Energy Publications LLC'nin (Haydrıcın Enerci Publikeyşın) kurucudur.

On sekiz farklı bilimsel organizasyon üyeliği bulunan Dr. Veziroglu British Institution of Mechanical Engineers, American Society of Mechanical Engineers and the American Association for the Advancement of Science (Biritiş Instutıyşın of Mekanikıl Enciniyırs, Amerikın Sassayti of Mekanikıl Enciniyırs end dı Amerikın Asasieyşıl for dı Edvınsımınt of Sayns) tarafından duayen olarak seçilmiştir. Hobileri satranç ve kozmolojidir.

Dr. Veziroğlu uluslararası birçok ödüle de layık görülmüştür. 1974 yılında Türkiye Cumhurbaşkanlığı Bilim Ödülü'nü, 1981 yılında Çin Xian Jiaotong Üniversitesi tarafından fahri profesör unvanını, 1982 yılında S.S.C.B Kurchatov Institute of Atomic Energy (Kurçatov Enstitü of Atomik Enerci) tarafından I. V. Kurchatov Madalyası'nı, 1986 yılında Global Energy Society (Global Enerci Sassayti) tarafından Energy for Mankind Ödülü'nü almış ve 1988 yılında Arjantin Bilim Akademisine [Argentinean Academy of Sciences (Arjentinyın Akademi of Sayns)] seçilmiştir. 2000 yılında Hidrojen Ekonomisi'nin kurulmasına ve geliştirilmesine yönelik çalışmalarından dolayı ekonomi alanında Nobel'e aday gösterilmiştir.

Bilim insanlığının yanı sıra duyarlı bir aydındır. Prof. Dr. Veziroğlu, ömrünün önemli bir kısmını yurt dışında geçirmesine rağmen aidiyet duygusunu kaybetmemiş, milletinin yaşadığı sorunlara duyarsız kalmadığını Kıbrıs sorununda kendi devlet başkanına, Bosna'da yaşanan insanlık dramında

da Amerika Birleşik Devletleri Başkanı'na görüşlerini ve çözüm önerilerini anlatan mektuplar yollayarak göstermiştir.

Öz güveni yüksek bir bilim insanı olan Prof. Dr. Turhan Veziroğlu, kendisine ihtiyaç duyulduğu anda hiçbir koşul öne sürmeden ülkesine dönmüş; birikimini kendi halkının yararı doğrultusunda kullanmakta tereddüt etmemiştir.

Çığır açıcı çalışmalarıyla dünya bilim dünyasında iz bırakan, yaptığı bütün görevlerde ülkesini ve milletini başarıyla temsil eden bu büyük bilim insanının hayatı, onun izinde yürüyecek birçok gence ilham kaynağı olacak niteliktedir.

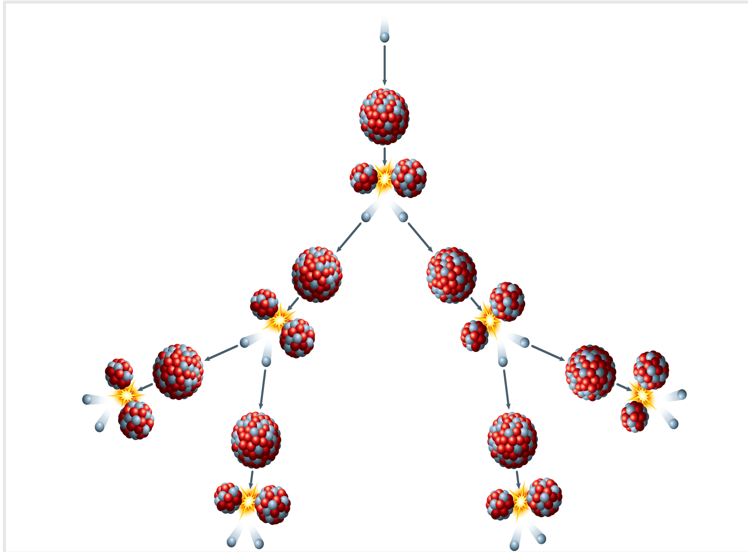
*(**Kaynak:** http://www.ohu.edu.tr/drv-team/sayfa/prof-dr-turhan-nejat-veziroglu)*

4.2.2. Nükleer Enerji

Nükleer enerji nedir? Nükleer enerjinin toplum ve çevreye ne gibi yararları ya da zararları vadır?

Nükleer enerji, atom çekirdeğinde meydana gelen fisyon ve füzyon tepkimeleri sonucu elde edilen enerjidir.

Fisyon tepkimesi, uranyum ve plütonyum gibi ağır atom çekirdeklerinin parçalanması tepkimesidir. Şekil 4.4'te gösterildiği gibi ağır atom çekirdekleri nötronla bombardıman edildiğinde parçalanarak daha küçük çekirdeklere dönüşür. Bu dönüşüm sonucu yüksek enerji ve 2-3 adet nötron açığa çıkar. Uygun şekilde tasarlanmış nükleer reaktörlerde açığa çıkan nötronlar da kullanılarak zincirleme reaksiyon gerçekleştirilir.



Şekil 4.4: *Fisyon tepkimesi*

Füzyon tepkimesi ise küçük atom çekirdeklerinin birleşip büyük çekirdeklerin oluşturulduğu tepkimelerdir. Bu tepkimelerde açığa çıkan enerji fisyon tepkimelerinden çok daha fazladır. Ancak



Bunları Biliyor muyuz? 4.8.

Nükleer teknolojinin temelleri 1789 yılında uranyumun keşfi ile başlayıp 1934 yılında atomun kontrollü bir şekilde parçalanması ile devam eden süreçte oluşturulmuştur.



Bunları Biliyor muyuz? 4.9.

Ülkemizde hızla artan elektrik talebini karşılamak ve ithalat bağımlılığından kaynaklı riskleri azaltmak üzere 2023 yılına kadar 2 nükleer güç santralinin devreye alınması ve 3. santralin inşasına başlanması planlanmaktadır.



Bunları Biliyor muyuz? 4.10.

Ülkemizin ikinci nükleer santral projesi olan Sinop Nükleer Santrali için 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile nükleer santral yapımı ve iş birliğine ilişkin hükûmetler arası anlaşma imzalanmıştır. Bu konuda çalışmalar devam etmektedir.

tepkimelerin gerçekleşebilmesi çok yüksek ısı gereklidir. Bu nedenle de nükleer santrallerde kullanılmamaktadır.

Başta ABD ve Rusya olmak üzere birçok ülke nükleer enerjiden faydalanılması yönünde yoğun çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda nükleer santraller kurmuşlar ve fisyon tepkimeleri ile elde ettikleri yüksek enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmüşlerdir. Nükleer santrallerde, nükleer enerji; güvenli, kontrollü ve sürdürülebilir bir şekilde elde edilebilmektedir.

Nükleer santrallerin yaygınlaşması 1970'li yıllarda çıkan petrol krizi ile birlikte başlamıştır. Fosil yakıtlar bakımından fakir ülkeler, bu kaynaklara bağımlılıklarını azaltmak için nükleer enerjiye yönelmişlerdir.

Nükleer santraller iklim ve doğa koşullarından etkilenmez. Her yere kurulabilir. Nükleer santrallerden elektrik üretimi sürekli sağlanabilir. İşletme sırasında sera gazı salınımı olmaz. Bu nedenle küresel ısınmaya katkısı yoktur. Çok düşük maliyetlerle elektrik enerjisi elde edilir. Kurulum alanları diğer birçok alternatif enerji kaynağına göre daha az yer kaplar. Ayrıca nükleer santrallerin kurulması istihdam sağlama açısından da önem taşımaktadır. Ülkemizde Akkuyu Nükleer Santrali Projesi'nde (Görsel 4.17) mühendislikten yöneticiliğe kadar çeşitli kademelerde 600 kişinin çalışması öngörülmüştür. Rusya'ya nükleer enerji alanında eğitime gönderilen bu öğrenciler staj dâhil 6,5 yıla yakın bir eğitimin ardından Akkuyu Nükleer Santralinde farklı kademelerde istihdam edileceklerdir.



Görsel 4.17: *Akkuyu Nükleer Santrali Projesi*

1979 yılında ABD'de yaşanan Three Mile İsland ve 1986 yılında Sovyet Rusya'da yaşanan Çernobil kazaları nükleer santrallerin kurulumunu yavaşlattı. Bu kazalardan çıkarılan derslerle güvenlik kontrolünün önemi anlaşıldı. Daha güvenli nükleer santrallerin oluşturulmasına yönelik yapılan çalışmalarla nükleer denetleme ve düzenleme kurulları oluşturulmuştur.

11 Mart 2011'de Japonya'da meydana gelen deprem sonrası oluşan tsunami, Fukuşima Nükleer Santraline zarar verdi. Japonya, tüm nükleer santrallerini güncellenen güvenlik standartlarına göre denetlemek için kapattı. Günümüzde bu santralleri tekrar işletmeye açmaya başladı.

Nükleer santrallerin güvenlik sistemleri sayesinde bu santrallerden yayılan radyasyon miktarı minimuma düşürülmüştür. Bu değer, canlı yaşamı için ihmal edilebilir düzeydedir.



Öğrendiklerimizi Uygulayalım 4.2.

Aşağıdaki tabloda verilen enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajlarını yazınız.

Enerji Kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
Petrol		
Hidrojen enerjisi		
Jeotermal enerji		
Güneş enerjisi		
Nükleer enerji		
Rüzgar enerjisi		

4.3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilirlik ne anlama gelmektedir? Sürdürülebilir hayat ve kalkınmanın toplum ve çevre için önemi nedir?

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılı tanımına göre "İnsanlık, gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarını temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahiptir."

Sürdürülebilir kalkınma yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini ve çevreyi koruyarak ekonomik büyüme, barış ve refah seviyesini yükseltme çabalarıdır. Sürdürülebilir kalkınmanın merkezi insan ve çevredir. İklim değişikliklerinin önüne geçilmesi, ekonomik eşitlik, sürdürülebilir tüketimin sağlanması, doğal çevrenin korunması, ekonomik ve sosyal kalkınma, barış ve adalet sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri arasında yer alır (Görsel 4.18).



Görsel 4.18: *Doğal çevrenin korunması sürdürülebilir kalkınmanın amaçlarındandır.*



Bunları Biliyor muyuz? 4.11.

1 ton kullanılmış kâğıdın geri dönüşümü ile havadan 12400 m^3 karbon dioksit bertaraf edilebilir.



Görsel 4.19: *Sürdürülebilir kalkınmaya destek olmak için kâğıt, plastik ve cam atıkları ayırıp geri dönüşüme vermeliyiz.*



Araştıralım 4.2.

Arkadaşlarınızla sürdürülebilir kalkınmaya destek olmak için neler yapabileceğinize dair beyin fırtınası yapınız. Bulduğunuz önerileri içeren bir sunum hazırlayarak arkadaşlarınıza sununuz.

Birleşmiş milletlerin öncü kalkınma ajansı olan (UNDP), 170'ten fazla ülkede çalışmalar yapmakta ve ülkeleri sürdürülebilir kalkınma yolunda desteklemektedir. UNDP, 2030 yılına kadar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı hedeflemektedir. Hiç şüphesiz ki bu tek bir kurum ile gerçekleştirilemez. Dünya bize emanettir. Bu emaneti gelecek nesillere güzel bir şekilde bırakmalıyız. Bu amaçla hükûmetler, özel sektör, sivil toplum ve vatandaşlar ortak çalışmalıdır.

Birçok ülkenin fosil yakıtlara alternatif ve sürdürülebilir enerji elde etmeye yönelişi, sürdürülebilir kalkınmanın hedeflerindendir. Bu şekilde enerji bakımından dışa bağımlılıktan kurtulan ülkeler kendi enerjilerini elde ederek ekonomik olarak gelişecektir. Ayrıca sürdürülebilir enerji işletmeleri de birçok insana istihdam sağlayacaktır. Ülkenin zenginleşmesi ile bireylerin de refah seviyeleri artacaktır.

Bizler bu aşamada sürdürülebilir kalkınmaya nasıl yardımcı olabiliriz?

Tüketici toplum olmaktan çıkmak en önemli adım olacaktır. Evlerimizde çöplerimizi plastik atıklar, kâğıt atıklar ve cam atıklar olarak ayırıp, bunları geri dönüşüme vermek bu konuda atabileceğimiz en önemli adımlardandır (Görsel 4.19). Kimya sanayisindeki, teknolojideki gelişmelerle pek çok maddenin geri dönüşümü yapılabilmektedir.

Öğrencilik hayatınızda kullandığınız kâğıtlar, kitaplar, defterler ya da okuduğunuz dergiler, gazeteler vb. malzemenin geri dönüştürülebileceğini biliyor muydunuz?

Kâğıt atıklar, kâğıt geri dönüşüm fabrikalarında geri dönüştürülebilmektedir. 1 ton kullanılmış kâğıdın geri dönüştürülmesi, 34 kişinin oksijen ihtiyacını sağlayan 17 ağacın korunması anlamına gelmektedir.

Doğaya bıraktığınız bir pet şişenin doğada onlarca yıl bozunmadan kalıp kirlilik yaratırken plastik geri dönüşüm tesislerinde kolayca bozunup değerlendirilebildiğini biliyor muydunuz?

Plastik atıklar öncelikle cinslerine göre ayrılarak geri dönüşüm işlemine tabi tutulur. Bu nedenle geri dönüşümü yapılabilir plastik malzemeler kullanmaya dikkat etmeliyiz. Polimer malzemelerin logolarına baktığımızda 4 ve 7 olanlar geri dönüşümü yapılama-

yan malzemelerdir. Polimer malzeme alırken logo numarasına dikkat ederek ürün seçmek çevre kirliliğine karşı bizlerin alabileceği önlemlerdendir.

Tükettiğiniz metal kutulu içeceklerin metal kutularının da geri dönüştürebildiğini biliyor muydunuz?

Metal ambalaj atıkları (Görsel 4.20) metal işleme tesislerinde metal türlerine göre ayrılır. Daha sonra fiziksel öğütme işlemine tabi tutulur ve ardında yüksek sıcaklıkta eritilir. Eriyik, kalıplara dökülerek istenilen şekil verilir ve tekrar kullanılabilir hâle getirilir.



Görsel 4.20: *Metal atıkların geri dönüşümü yapılabilmektedir.*

Sürdürülebilir kalkınmaya birey olarak katkıda bulunmak için geri dönüşüme önem vermemiz gerekmektedir. Geri dönüşümü olan polimer malzemeler kullanmak, doldurulabilir piller kullanmak ve çöplerimizi ayrıştırıp geri dönüşüme göndermek çevre ve toplum bilinci olan her bireyin görevidir. Evlerde kullanılan atık yağların toplanması da su kirliliğinin önüne geçilmesinde büyük önem taşımaktadır.

Çevreyi ve insanları seven bireyler olarak yetişmek ve gelecek nesilleri de bu bilinçle yetiştirmek sürdürülebilir kalkınmanın temelidir. İnsanların bilinçlenmesi ile toplum bilinci oluşturulur. Oluşan toplum bilinci ile sürdürülebilir kalkınma sağlanır. Kalkınma, toplumsal refaha ve bu refahın insanlar tarafından paylaşımına zemin hazırlar.

4.4. NANOTEKNOLOJİ

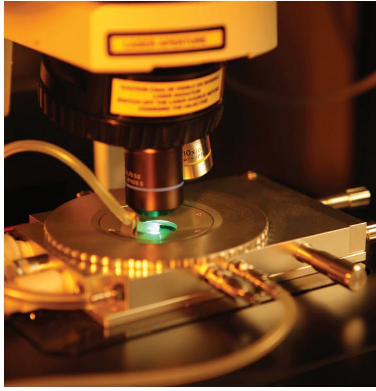
Televizyon reklamlarında kendi kendini temizleyen boya, perde ve halı gibi malzemelerin olduğunu duymuşsunuzdur. Ya da cep telefonlarının giderek küçüldüğünün ve işlevinin artığının farkındasınızdır (Görsel 4.21). Kırılmaz, kıvrılabilir ekranlı bilgisayarlar, telefonlar ve tabletlerin yapıldığını biliyoruz. Peki, hayatımıza giren ve ilerleyen zamanlarda daha da etkili olacak bu teknolojinin ne olduğunu biliyor musunuz?



Görsel 4.21: *Telefonlar ve sim kartları nanoteknoloji ile birlikte küçülmeye başlamıştır.*

Maddenin atomik veya moleküler boyutta işlenerek mikroskobik boyutta ürünlerin üretilmesi yöntemi olarak da tanımlanan bu teknoloji, nanoteknolojidir.

Nanoteknoloji, tıpkı diğer teknolojiler gibi belirli bir bilgi birikimi ile oluşturulmuştur. Nanoteknoloji için gereken bilgi birikimi nanobilim ile sağlanmıştır. Nanobilim, maddenin nanometre boyutunda meydana gelen kuantumsal özellikleri inceleyen bilim dalıdır.



Görsel 4.22: *Lazer mikroskoplarla nanometre boyutu gözlenmektedir.*

Geleceğin teknolojisi olarak ifade edilen nanoteknoloji fizik, kimya, biyoloji, tıp, farmakoloji, bilgisayar, elektronik ve malzeme bilimi gibi pek çok bilim ile iç içedir. Temel bilim ve mühendislik uygulamalarının birleşmesi ile geliştirilen bir teknolojidir.

Gelişmekte olan teknoloji ile bilim insanları ve mühendisler daha az yer kaplayan, daha az enerji harcayan, daha hızlı çalışan daha dayanıklı, daha hafif ve doğaya zarar vermeyen aygıtlar yapmaya yönelmişlerdir. Bu arayış daha küçük boyutlara inmeyi beraberinde getirmiştir.

Nanometre boyutundaki çalışmalar lazer mikroskoplarla sağlanmaktadır (Görsel 4.22). Nanometre boyutuna inildikçe malzemelerin fiziksel özelliğinin değiştiği saptanmıştır. Örneğin bir yarı iletken olan silisyumdan yapılan bir telin çapı nanometreye yaklaştırıldığında iletken yapı sergilemektedir.

Karbon atomunun allotropu olan grafit tabakasının üst üste dizilen katmanlarından sadece birinin ayrıştırılması ile elde edilen grafen, grafitten çok daha üstün fiziksel özeliklere sahiptir. Mukavemeti grafitten çok daha fazla olan ve önümüzdeki yıllarda adından sıkça bahsedilecek grafenden 2. Ünite “Doğada Karbon” konusunda da bahsedilmiştir.

Günümüzde nanoteknoloji ülkeler arasında da stratejik öneme sahiptir. Yeni gelişen bu teknoloji ile teknoloji alanında geri kalmak istemeyen gelişmiş pek çok ülke, nanoteknoloji alanına yönelerek sürdürülebilir kalkınma yolunda büyük adımlar atmaya çalışmaktadır. Bu alanda çalışma ve eğitim programları oluşturarak ciddi çalışmalar yapmaktadır.

Ekonomik açıdan kalkınma sağlayacak bu teknoloji ile ilgili ülkemizde de çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Nanoteknoloji, TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 Programı’nda öncelikli alanlardan biri olarak alınmıştır. Bilkent Üniversitesi Fizik Bölümünde 1989 yılından bu yana nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. T.C. Savunma Sanayisi Müsteşarlığı tarafından desteklenen ileri araştırma laboratuvarları kurulmuştur. Bu laboratuvarlarda yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Ülkemizde pek çok üniversitede nanobilim ve nanoteknoloji bölümleri açılmakta ve nitelikli bilgi ve donanımına sahip, ülke ve toplum sorunlarına çözüm arayan bireyler yetiştirilmektedir.



Bunları Biliyor muyuz? 4.12.

Nanometre çok küçük bir büyüklüktür. Bir nanometre içine yan yana ancak 2-3 atom dizilebilmektedir. Nano ölçeklerdeki bir nesne yaklaşık 100-1000 atomun bir araya gelmesi ile oluşturulmaktadır.



Araştıralım 4.3.

Kendinize bir nanobot (nano boyutlarda bir robot) tasarlayınız. Bu nanobot ile nasıl bir teknolojik çalışma yapacağınızı, nanobotu hangi amaçla kullanacağınızı içeren poster hazırlayarak arkadaşlarınıza sununuz..

ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki paragrafta boş bırakılan yerleri, uygun kelimeler ve kavramlar ile tamamlayınız.

fotovoltaik | kömür | hidrojen | biyokütle | elektrik

fosil | alternatif | sürdürülebilir | petrol | karbondioksit

rüzgâr | yenilenebilir | küresel ısınmaya | doğal | ısı

……………… (1) ve petrol ……………… (2) yakıttır. ……………… (3) toprak altında uzun yıllar kalmış bitkisel ve hayvansal maddelerin okyanus ya da denizlerin dibinde çürümesi sonucu oluşan karmaşık hidrokarbon karışımıdır. Fosil yakıtların kullanımı sonucunda doğaya salınan ……………… (4), kükürtdioksit, azot oksitler ve bazı hidrokarbonlar ……………… (5) neden olmaktadır. Fosil yakıtlarının tükeniyor olması, fiyatının artması ve çevreye verdiği zararlar ……………… (6) enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Güneş, rüzgâr, ………………, (7) jeotermal ve ……………… (8) enerjisi bu enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Güneş enerjisinden doğrudan …………(9) enerjisinin üretildiği sistemlere ……………… (10) hücreler adı verirlir. ……………… (11) enerjisinden yararlanabilmek için rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Birçok ülkenin fosil yakıtlarına alternatif ve ……………… (12) enerji elde etmeye yönelişi ……………… (13)kalkınmanın hedeflerindendir.

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Fosil yakıtlara örnekler vererek bunlardan birinin oluşumunu kısaca açıklayınız.

2. Fosil yakıtlarının zararlarından üçünü yazınız.

3. Alternatif enerji kaynaklarına örnekler vererek ülkemizde aktif kullanılan bir alternatif enerji kaynağını açıklayınız.

4. Hidrojen enerjisinin ülkemiz açısından stratejik önemini açıklayınız.

5. Sürdürülebilir kalkınmanın hedeflerinden üçünü yazınız ve birey olarak sürdürülebilir kalkınma için yapılabilecek üç öneri getiriniz.

6. Geri dönüşümün sürdürülebilir kalkınma için önemini belirtip geri dönüşüm için neler yapılabileceğini açıklayınız.

7. Nükleer enerjinin önemini belirtip avantajlarından üçünü yazınız.

8. Nanoteknolojik gelişmelere üç örnek vererek nanoteknolojinin önemini açıklayınız.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz. İfadeler doğru ise “D” harfini işaretleyiniz, yanlış ise “Y” harfini işaretleyerek ifadenin doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

1. Kırsal kesimlerde geleneksel yakıt olarak kullanılan hayvansal gübrenin samanla karıştırılması sonucu elde edilen tezek bir çeşit biyokütledir. (D) (Y)

2. Petrol, kaya tabakalarının arasında milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. (D) (Y)

3. Nükleer enerji, atom çekirdeğinde meydana gelen fisyon ve füzyon tepkimeleri sonucu elde edilir. (D) (Y)

4. Jeotermal enerji konut ısıtmasında ve termal turizm olan kaplıcalarda doğrudan kullanılır. (D) (Y)

5. Hidrojenin yanması sonucu oluşan gaz, asit yağmurlarına neden olur. (D) (Y)

6. Fosil yakıtların her geçen gün biraz daha eksilmesi, fiyatının artması ve çevreye verdiği zararlar alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. (D) (Y)

7. Fosil yakıtlar yenilenebilir yakıtlardır. (D) (Y)

8. Nanoteknoloji ile daha az yer kaplayan, daha az enerji harcayan, doğaya zarar vermeyen aygıtlar yapılmaya çalışılmaktadır. (D) (Y)

9. Sera etkisini artırmak sürdürülebilir kalkınmanın hedeflerinden biridir. (D) (Y)

10. Plastik ürünler biyokütle olarak kullanılabilir. (D) (Y)

Ç. Aşağıda verilen tanımları, ilgili kavramlarla eşleştiriniz.

Tanımlar

1. Maddenin atomik veya moleküler boyutta işlenerek mikroskobik boyutta ürünlerin üretilmesi yöntemi olarak da tanımlanan teknoloji.

2. Yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini ve çevreyi koruyarak ekonomik büyüme, barış ve refah seviyesini yükseltme çabaları.

3. Uranyum ve plütonyum gibi ağır atom çekirdeklerinin parçalanması tepkimesi.

4. Artık organik maddelerin, anaerobik fermantasyonu sonucu açığa çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya göre yoğunluk oranı 0,83 ve oktan sayısı 110 olan , parlak mavi bir alevle yanan gaz karışımı.

5. Bir jeotermal sistemde yer altı sularının ısınmasını sağlayan eriyik.

6. Bir reaksiyonun kimyasal enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihaz.

7. Güneş ve yıldızlarda meydana gelen tepkimelerde oluşan ısının yakıtı.

8. Petrolün oluşum sürecinde yüksek oranda organik madde içeren ana kaya içinden sıkışarak daha gözenekli kayalara yani hazne kayaya göç etmesi.

9. Milyonlarca yıl önce rutubetli ve sıcak iklimlerde, bataklık ortamlarda yetişen eski ağaç ve bitkilerin kalıntısı.

10. Yüksek hidrokarbon içeriğine sahip kömür, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının tümüne verilen genel ad.

11. Güneş, rüzgâr, hidrojen, jeotermal ve biyokütle enerjisine verilen genel ad.

Kavramlar

Birincil göç ( )	Petrol ( )	Biyogaz ( )	Fosil yakıt ( )
Yakıt pili ( )	Büyokütle ( )	İkincil göç ( )	Kömür ( )
Sürdürülebilir kalkınma ( )	Nanoteknoloji ( )	Hidrojen ( )	Alternatif enerji ( )
Fisyon ( )	Magma ( )	Füzyon ( )	Rüzgâr ( )

D. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. I. Kömür

II. Doğal gaz

III. Petrol

Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri fosil yakıtlara örnektir?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

2. Aşağıdakilerden hangisi fosil yakıtların çevreye verdiği zararlardan biri değildir?

A) Küresel ısınma
B) Asit yağmurları
C) Tükenebilir olması
D) Hava kirliliği
E) Su kirliliği

3. Aşağıdakilerden hangisi yenilenebilir enerji kaynağı değildir?

A) Doğal gaz
B) Güneş enerjisi
C) Rüzgâr enerjisi
D) Hidrojen enerjisi
E) Jeotermal enerji

4. Fosil yakıtların,

I. Tükeniyor olması,

II. Fiyatının yüksek olması,

III. Sürdürülebilir olması

özelliklerinden hangisi ya da hangileri alternatif enerji kaynaklarına yönelimi arttırmaktadır?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

5. Aşağıdakilerden hangisi sürdürülebilir kalkınmanın hedefleri arasında yer almaz?

A) İklim değişikliklerinin önüne geçilmesi
B) Ekonomik eşitlik
C) Sürdürülebilir tüketimin sağlanması
D) Fosil yakıt kullanımının artırılması
E) Sosyal kalkınma

6. Aşağıdakilerin hangisinde kömürün olgunlaşma süreci doğru verilmiştir?

A) Turba - Linyit-Taş kömürü- Antrasit- Grafit
B) Turba - Taş kömürü-Linyit - Antrasit - Grafit
C) Turba - Linyit-Taş kömürü - Grafit - Antrasit
D) Linyit - Taş kömürü - Antrasit - Grafit - Turba
E) Antrasit - Linyit-Taş kömürü - Turba - Grafit

7. Nanoteknoloji ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Belirli bir bilgi birikimi ile oluşturulmuştur.

B) Maddenin nanometre boyutunda meydana gelen kuantumsal özellikleri inceleyen bilim dalıdır.

C) Temel bilim ve mühendislik uygulamalarının birleşmesi ile geliştirilmektedir.

D) Ekonomik açıdan kalkınma sağlayacak bir teknolojidir.

E) TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 Programı'nda öncelikli alanlardan biridir.

8. I. Metaller

II. Kâğıt

III. Plastik

Yukarıda verilenlerden hangisinin ya da hangilerinin geri dönüşümü yapılabilmektedir?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

9. Nükleer enerji ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Atom çekirdeğinde meydana gelen fisyon ve füzyon tepkimeleri sonucu elde edilir.

B) Nükleer santrallerde, nükleer enerji güvenli, kontrollü ve sürdürülebilir şekilde elde edilebilir.

C) İşletme sırasında sera gazı salınımı meydana gelir.

D) Diğer alternatif enerji kaynaklarına göre düşük maliyetlerle elektrik enerjisi elde edilir.

E) Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan bir enerjidir.

10. Aşağıdakilerden hangisi biyokütle kaynağı değildir?

A) Mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler

B) Denizlerdeki algler

C) Hayvan dışkıları

D) Plastik sanayi atıkları

E) Evlerden atılan tüm organik çöpler

11. Hidrojen ve hidrojen enerjisi ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Hidrojen, doğada serbest hâlde değil bileşikleri hâlinde bulunur.

B) Hidrojen, yanma ürünü olarak sadece su oluşturduğu için çevreyi kirletmez.

C) Artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojidir.

D) Hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pilleri ile nükleer enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür.

E) Yakıt pilleri hidrojenin otomobillerde enerji kaynağı olarak kullanımının önünü açmıştır.

12. Borhidrürden yakıt olarak hidrojen eldesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Sodyumborhidrürün ($NaBH_4$) sulu çözeltisi kullanılır.

B) Enerji üretmek için hidrojen ihtiyacı gerektiğinde uygun katalizör yardımı ile kimyasal reaksiyon başlatılır.

C) Reaksiyon sonucu oluşan hidrojen gazı yakıt pilinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir.

D) Reaksiyonda kullanılan katalizör, çözeltiden istenildiği zaman kolayca ayrılabilmekte ve reaksiyon kontrollü bir şekilde sonlandırılabilmektedir.

E) Tepkimede atık olarak oluşan sodyum metaborat tuzu, çevreyi kirletmektedir.

13. I. Evlerde atıkları plastik, kâğıt ve metal olarak ayırıp geri dönüşüme göndermek

II. Evlerimizde kullandığımız yakıtları israf etmemek

III. Geri dönüşümlü pil kullanmak

Sürdürülebilir kalkınmaya destek olmak için yukarıdakilerden hangisini ya da hangilerini yapmalıyız?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

14. Nanoteknolji,

I. Fizik,

II. Kimya

III. Biyoloji

bilimlerinden hangisi ya da hangileri ile iç içedir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

15. Nükleer santrallerle ilgili

I. İklim ve doğa koşullarından etkilenmez.

II. Kurulum alanları diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha az yer kaplar.

III. Küresel ısınmaya neden olan gaz salınımı yaparlar.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

16. Jeotermal enerji ile ilgi aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Ülkemiz jeotermal kaynak bakımından fakir bir ülkedir.

B) Jeotermal enerji, konut ısıtmada ve termal turizm olan kaplıcalarda doğrudan kullanılmaktadır.

C) Bir jeotermal sistemde yer altı sularının ısınmasını magma sağlar.

D) Jeotermal enerji, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerjidir.

E) Meteorolojik koşullardan bağımsız ve güvenilirdir.

1. ÜNİTE

A. BOŞLUK DOLDURMA

1.	standart hidrojen elektrot	**5.**	Elektroliz	**8.**	tuz köprüsü
2.	İndirgenme	**6.**	anot	**9.**	Hoffman voltametresi
3.	yükseltgen	**7.**	katodik koruma	**10.**	Korozyon
4.	Michael Faraday				

B. AÇIK UÇLU

1.

a) $3As_2S_3 + 42KNO_3 \longrightarrow 6K_3AsO_4 + 9K_2SO_4 + 18N_2O_3 + 6KNO_2$

b) $3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

c) $6KOH + 3Cl_2 \longrightarrow 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$

ç) $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$

2.

2. Kapta: $Zn + 2HNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2$

3. Kapta : $Mg + Ag_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + 2Ag$

3.

a) Mg elektrot anot, Pt elektrot katottur.

b) Mg elektrot kütlesi zamanla azalır. Çünkü yükseltgenir.

c) Pt elektrotta değişiklik olmaz. Sadece etrafında gaz çıkışı gözlenir. Çünkü çözeltideki H^+ iyonları indirgenerek H_2 gazına dönüşür.

ç) Tuz köprüsündeki anyonlar anot kabına, katyonlar katot kabına gider. Bu şekilde yük dengesini sağlayıp kısa devreyi engeller.

d) 2,863 volt

4.

1. Herhangi bir kaba su eklemek.

2. Birinci kaba 100 mL, ikinci kaba 500 mL su eklemek.

3. Herhangi bir kaba içindeki maddenin katı hâlinden ekleyip çözmek.

5.

Au(k) / Au^+(suda) // Au^+(suda) / Au(k) Anot elektrot olarak saf altın metali, katot elektrot olarak da kaplanacak gümüş kolye kullanılıp elektrolit olarak ise $K[Au(CN)_2]$ çözeltisi kullanılır.

6.

1. Metali boyamak.

2. Metal yüzeyinin su geçirmeyen ve korozyondan etkilenmeyen bir koruyucu ile kaplamak.

3. Katodik koruma yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemde anottaki korozyona uğraması istenmeyen metal, elektrolit içerisine başka bir etkin metal daldırılarak katot hâline getirilir. Etkin metal olarak genellikle magnezyum, alüminyum ya da çinko metalleri kullanılır.

C. DOĞRU-YANLIŞ

Soru	Cevap	Doğrusu	Soru	Cevap	Doğrusu
1.	D		6.	D	
2.	Y	boyamaktır.	7.	D	
3.	Y	azalır.	8.	Y	Yükseltgenme eğilimi büyük olan ilk yükseltgenir.
4.	D		9.	Y	Elektrolitik hücre olarak adlandırılır.
5.	D		10.	D	

Ç. KAVRAM EŞLEŞTİRME

Pil (4)	Katot (10)	Yükseltgen ( )	Standart hücre potansiyeli (7)	İndirgenme ( )
Aktiflik (8)	İndirgen (2)	Oksitlenme (1)	Elektrolitik hücre (3)	Elektrot ( )
Anot ( )	Tuz köprüsü (9)	1 Faraday (5)	Redoks tepkimesi (6)	Hücre ( )

D. ÇOKTAN SEÇMELİ

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
E	E	D	B	C	A	A	C	A	D	E	B	B	D

15.	16.
A	B

ÖĞRENDİKLERİMİZİ UYGULAYALIM

1.1.

1. a) 4+ **b)** 6+ **c)** 5+ **ç)** 6+

2. I ve II

3.

Tepkime	İndirgen	Yükseltgen
I	H_2	I_2
II	CH_4	O_2
III	Cl_2	Cl_2

1.2. **1.** Y **2.** D **3.** D **4.** Y **5.** D **6.** D

1.3. **A. 1.** istemli **2.** İstemsiz **B. 1.** 1,487 volt **2.** 0,462 volt **C.** Yalnız 3. Kapta aşınma olur.



1.4.

a) Ni(k) / Ni^{2+}(0,1M) // Ni^{2+}(1M) / Ni(k)

b) Anot: Ni(k) ⟶ Ni^{2+}(0,1 M) + $2e^-$
Katot: Ni^{2+}(1 M) + $2e^-$ ⟶ Ni(k)
Epil: 0,0296 volt

c) Pil tepkimesi: Ni(k) + Ni^{2+}(1 M) ⟶ Ni(k) + Ni^{2+}(0,1 M)

1.5.

a) Cd elektrot anot, Ni elektrot katottur.

b) Anot: Cd(k) ⟶ Cd^{2+}(suda) + $2e^-$
Katot: Ni^{2+}(suda) + $2e^-$ ⟶ Ni(k)

c) Elektronlar Cd elektrottan Ni elektroda doğru akar.

ç) Cd(k) / Cd^{+2}(suda) // Ni^{+2}(suda) / Ni(k)

d) Epil : 0,153 volt

d) 1. Kapta yükseltgenme, 2. Kapta indirgenme meydana gelir.

1.6.

1. a) 0,25 mol Cl_2 gazı **b)** 0,5 gram H_2 gazı
2. a) 9650 coulomb **b)** 0,05 mol Br_2
3. a) Y **b)** D **c)** D **ç)** Y **d)** D
4. a) 0,3 F **b)** 0,15 mol X **c)** 40 g/mol

1.7. **1.** D **2.** Y **3.** Y **4.** D

2. ÜNİTE

A. BOŞLUK DOLDURMA

1.	bileşiklerini	**5.**	bileşik	**9.**	hibrit	**13.**	VSEPR
2.	dört	**6.**	çok	**10.**	p	**14.**	Tetrahedral
3.	fazla	**7.**	düz	**11.**	sp	**15.**	$109{,}5^0$
4.	bağların	**8.**	halkalı	**12.**	sp^3		

B. AÇIK UÇLU

1.

a)
```
    H   H
    |   |
H — C — C — H
    |   |
    H   H
```

b)
```
    H
    |   ..
H — C — O — H
    |   ..
    H
```

c) H — C ≡ C — H

ç) H — C ≡ N:

d)
```
   :O:
    ||  ..
H — C — O — H
        ..
```

2. CH_4, VSEPR gösterimi = AX_4
Molekül şekli = Düzgün dört yüzlü
NH_3, VSEPR gösterimi = AX_4E
Molekül şekli = Üçgen piramit

3. Yapısında C atomu içeren bileşikler organik, içermeyenler ise anorganiktir. Organik bileşikler çoğunlukla kovalent yapılıdır. Organik bileşiklerin erime ve kaynama noktaları çok düşüktür.

4.	Karbon atomunun dört değerlik elektronun bulunması, elektronegatifliğinin fazla oluşu, oluşturduğu bağların daha kararlı olması
5.	Elmas, grafit ve fulleren
6.	Bir atomun farklı enerji düzeylerindeki orbitallerinin birbiriyle karışarak aynı enerji düzeyine sahip yeni orbitaller oluşturmasına ***hibritleşme (melezleşme)*** denir.

C. DOĞRU-YANLIŞ

Soru	Cevap	Doğrusu	Soru	Cevap	Doğrusu
1.	D		**6.**	Y	Elektronegatifliği küçük olan merkez atomdur.
2.	Y	Üçlü bağ daha kararlıdır.	**7.**	D	
3.	D		**8.**	Y	AX_3E
4.	D		**9.**	D	
5.	Y	Değerlik elektronlarını noktalarla göstermiştir.	**10.**	Y	Basit formüldür.

Ç. KAVRAM EŞLEŞTİRME

Sigma bağı (4)	Basit formül ( )	Elmas (2)	Üçgen piramit ( )	Molekül formülü (7)
Ortaklanmamış elektron çifti (9)	Nanotüp (3)	Bağlayıcı elektron çifti ( )	Organik kimya (1)	Allotrop (8)
Hibritleşme (5)	sp^3 (10)	Düzgün dört yüzlü (6)	sp ( )	pi bağı ( )

D. ÇOKTAN SEÇMELİ

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
D	A	D	C	A	A	E	B	B	A	C	E	D	B

15.	16.
E	A

ÖĞRENDİKLERİMİZİ UYGULAYALIM

2.1.

Özellik	Organik Bileşik	Anorganik Bileşik
Sayıca çok fazladır.	+	–
Genellikle suda çözünür.	–	+
Kendilerine has renk ve kokuları vardır.	+	–
Çoğunlukla kovalent yapılıdır.	+	–

2.2. **1.** $C_2H_4O_2$ **2.** C_6H_6O

2.3. **1.** D **2.** Y **3.** D **4.** Y **5.** Y **6.** D

2.4.

C_3H_6 $H-C(H)=C(H)-C(H)(H)-H$	CH_3CHO $H-C(H)(H)-C(=\ddot{O}:)-H$	CH_2O_2 $H-C(=\ddot{O}:)-\ddot{O}-H$

2.5.

Molekül Örneği	VSEPR Gösterimi	Merkez Atomun Hibritleşme Türü	Molekül Şekli
$BeCl_2$	AX_2	sp	Doğrusal
NH_3	AX_3E	sp^3	Üçgen piramit
H_2O	AX_2E_2	sp^3	Açısal
CO_2	AX_2	sp	Doğrusal

3. ÜNİTE

A. BOŞLUK DOLDURMA

1.	basit	**5.**	benzen	**9.**	alkenler	**13.**	çift
2.	karbon	**6.**	doymuş	**10.**	alkinler	**14.**	olefinler
3.	hidrojen	**7.**	pi	**11.**	sigma	**15.**	üçlü
4.	alifatik	**8.**	alkanlar	**12.**	parafinler	**16.**	asetilenler

B. AÇIK UÇLU

1.
a) Metan **b)** Diklorometan **c)** Asetilen **ç)** Propen
d) Metil alkol **e)** Etilmetil eter **f)** Formik asit **g)** Asetaldehit
ğ) Aseton **h)** Metil metanoat

2.

$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H$ Asetaldehit

$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$ Dimetil keton

3. Alifatik ve aromatik hidrokarbonlar olarak 2'ye ayrılır. Alifatik hidrokarbonlar, doymuş ve doymamış hidrokarbonlar olarak 2'ye ayrılır. Doymuş olanlar alkanlar, doymamış olanlar alken ve alkinlerdir. Alkanlarda C atomları sp^3 hibritleşmesi yapar. C_nH_{2n+2} genel formülüne sahiptir.

4. Balmumu = İşçi arıların karın bölgelerinde bulunan mum bezlerinden salgıladığı yumuşak bir maddedir. Arıcılıkta petek üretiminde, ilaç ve kozmetik sanayide krem yapımında, inşaat sanayisinde yalıtımda kullanılmaktadır.
Lanolin = Koyun yününün yağından elde edilen uzun zincirli mum esteridir. Merhem, krem, tıraş köpüğü, sabun ve şampuan yapımında kullanılır.

5. Yapısal ve stereo izomeri olarak ikiye ayrılır.
$CH \equiv C - CH_3$ △ $CH_2 = C = CH_2$

6. HCOOH = Formik asit, doğal kaynağı=karınca, kullanım alanı=polimer sentezi
CH_3COOH = Asetik asit, doğal kaynağı=sirke, kullanım alanı= Boya ve tekstil sanayisi
C_2H_5COOH = Propiyonik asit, kaynağı=süt, kullanım alanı=polimer üretimi

7. Bileşiklerin kendine has özelliklerini belirten gruplardır. Alkenlerde $=$ li bağ, alkinlerde $\equiv$ lü bağ ve alkollerde $-OH$ fonksiyonel gruptur.

8. Alkanlar en çok ısınma ve güç elde etme amacı ile kullanılır. Alkan moleküllerinin bazıları çözücü olarak da kullanılmaktadır. Örneğin hekzan, yağ çözücü ve organik çözücüdür.

9. Esans yapımında, tentürdiyot ve ispirto üretiminde de etanol kullanılmaktadır. Şekerin fermantasyonu ile elde edilir.
$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

10. Naftalin, anilin ve fenol. Anilin benzen halkasındaki hidrojen atomlarından birinin yerine $-NH_2$ (amino) grubunun geçmesi ile oluşan bir bileşiktir. Renksiz, kendisine has kokusu olan, oda koşullarında sıvı hâlde bulunan bir bileşiktir. Boya kalemlerinde, sulu boyalarda, fotoğrafçılıkta, matbaacılıkta, deri ve ahşapların boyanmasında kullanılan pek çok boya, anilin boyalarıdır.

C. DOĞRU-YANLIŞ

Soru	Cevap	Doğrusu	Soru	Cevap	Doğrusu
1.	D		4.	Y	Benzendir.
2.	Y	Göstermez.	5.	D	
3.	D		6.	D	Yatkın değildir.

7.	D		**9.**	Y	π (pi) bağı bulundurmaz.
8.	Y	Aldehit grubu içerenler indirgen şekerdir.	**10.**	Y	Esterler karboksilik asitlerle izomerdir.

Ç. KAVRAM EŞLEŞTİRME

Alkil (2)	Karbonil (6)	Monoalkoller (10)	Eterler (3)
Lanolin (1)	Bal mumu ( )	Fenol (9)	Doymuş hidrokarbonlar (7)
Aromatik bileşikler (5)	Alkenler (8)	İzomer (4)	Karboksil ( )

D. ÇOKTAN SEÇMELİ

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
C	B	A	E	D	D	A	C	D	D	E	E	B	A

15.	16.	17.	18.
D	C	A	C

ÖĞRENDİKLERİMİZİ UYGULAYALIM

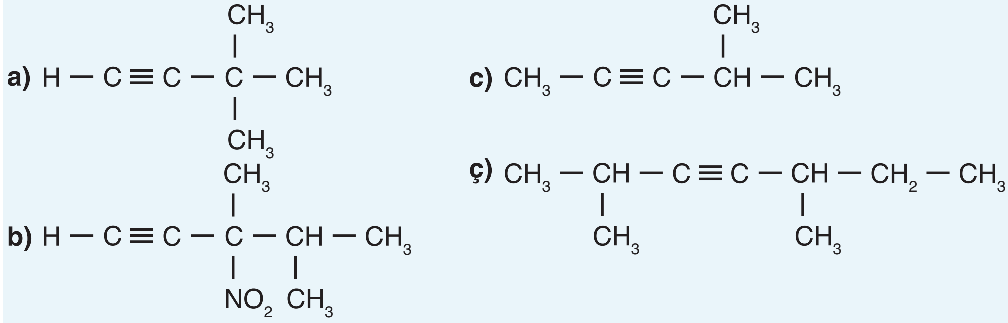
3.1.
1. 2-Bromo propan
2. 2,2,4-Trimetil pentan

3.2.
1. 1.c 2.a 3.b

2.

Bileşik	Cis-	Trans-
2-Büten	CH_3(H)C = C(H)CH_3 — CH_3 ve CH_3 aynı tarafta, H ve H aynı tarafta	CH_3(H)C = C(H)CH_3 — CH_3 ve CH_3 zıt tarafta
2,3-Dimetil-1-büten	Cis-izomeri yoktur.	Trans-izomeri yoktur.
2,3-Dikloro-2-penten	CH_3(Cl)C = C(Cl)CH_2-CH_3 — CH_3 ve CH_2-CH_3 aynı tarafta, Cl ve Cl aynı tarafta	CH_3(Cl)C = C(Cl)CH_2-CH_3 — CH_3 ve CH_2-CH_3 zıt tarafta
2-Metilpropen	Cis-izomeri yoktur.	Trans-izomeri yoktur.

3.3.



3.4.

1.

Molekül	Adı	Kullanım Alanı	Molekül	Adı	Kullanım Alanı
OH	Fenol	• Sentetik reçine yapımı • Gıda antioksidanı • Antiseptik	NH_2	Anilin	• Boya kalemi • Plastik sanayi • Fotoğrafçılık
CH_3	Toluen	• Mürekkep yapımı • Çözücü • Plastik imalatı		Benzen	• Sentetik deterjan üretimi • Böcek öldürücü • Başlangıç maddesi
	Naftalin	• Böcek öldürücü • Güve uzaklaştırıcı • Yakıt			

2. **1.** D **2.** Y **3.** Y **4.** D **5.** Y **6.** D **7.** D

3.5.

Bileşik Adı	Formülü	–OH Sayısına Göre Sınıfı	α Karbonuna Göre Sınıfı
İzopropil alkol	$CH_3 - CH(OH) - CH_3$	Monoalkol	Sekonder alkol
2-Metil-2-propanol	$CH_3 - C(CH_3)_2 - OH$	Monoalkol	Tersiyer alkol
2-Bromo-3-metil-2,4-hekzandiol	$CH_3 - C(OH)(Br) - CH(CH_3) - CH(OH) - CH_2 - CH_3$	Polialkol	Tersiyer ve sekonder alkol
2,3-Dimetil-2-pentanol	$CH_3 - C(CH_3)(OH) - CH(CH_3) - CH_2 - CH_3$	Monoalkol	Tersiyer alkol

3.6.

1. **1.** D **2.** Y **3.** Y **4.** Y **5.** D **6.** Y

2.

Bileşik Adı	Formülü
3-Metil-bütanon	$CH_3-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$
2,3,3-Trimetil-1-pentanol	$CH_2(OH)-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$
Etiltersiyerbütilketon	$C_2H_5-C(=O)-C(CH_3)_2-CH_3$
2,2-Dimetil-propanal	$CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)-H$
Benzaldehit	$C_6H_5-C(=O)-H$

3.7.

a) 2,2-Dimetil-propanoik asit
b) 4-Bromo-2-etil-pentanoik asit
c) 2,2,3-Trimetil-pentanoik asit

3.8.

1. **a)** $C_2H_5-C(=O)-O-CH_3$ **b)** $CH_3-C(=O)-O-CH_3$

4. ÜNİTE

A. BOŞLUK DOLDURMA

1.	Kömür	**4.**	Karbon dioksit	**7.**	Hidrojen	**10.**	Fotovoltaik
2.	Fosil	**5.**	Küresel ısınma	**8.**	Biyokütle	**11.**	Rüzgâr
3.	Petrol	**6.**	Alternatif	**9.**	Elektrik	**12.**	Yenilenebilir
						13.	Sürdürülebilir

B. AÇIK UÇLU

1.	Kömür, petrol ve doğal gaz. Bataklıklarda yetişen çalılık ve eğrelti otları gibi dev yapılı bitkiler zamanla ölmüş ve bataklıklarda gömülmüştür. Bu dev yapılı bitkiler, uygun şartların sağlandığı durumlarda bozunarak bataklık suyu ile bir jel hâline gelmiştir. Burada bahsedilen uygun koşullar nemli ve sıcak iklim, bataklık suyunun pH'sinin 4-5 civarında bulunması, bataklığın zamanla aşağı doğru çökelmesi, çamur ve kumla kaplanmasıdır. Bu yapı bazı kimyasal reaksiyonlar sonucunda hem fiziksel hem de kimyasal değişimlerle sertleşip kömürü oluşturmuştur.
2.	1. Küresel ısınma 2. Asit yağmurları 3. Hava kirliliği
3.	Güneş, rüzgâr, hidrojen, jeotermal ve biyokütle enerjisi. Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, birtakım kimyasal maddeler içeren sıcak su, buhar ve gaz karışımı jeotermal kaynağı oluşturur. Bu sıcak su, jeotermal enerjiyi oluşturur. Jeotermal enerji konut ısıtmasında ve termal turizm olan kaplıcalarda doğrudan kullanılır. Kaplıcalardaki sıcak su jeotermal kaynaktan gelen sıcak sudur. Dolaylı olarak elektrik üretiminde de kullanılmaktadır.
4.	Hidrojenin araçlara doldurulması ve taşınması için yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler içinde metal hidritlerle depolama yöntemi öne çıkmaktadır. Kullanılması önerilen metalhidritlerden biri borhidrittir. Dünyada 600 milyon ton bor rezervi olduğu bilinmektedir. Bu rezervin yaklaşık 3/4'ü Türkiye'dedir. Bu nedenle bu yöntem ülkemizin kalkınması için çok önemlidir.
5.	İklim değişikliklerinin önüne geçilmesi, ekonomik eşitlik, sürdürülebilir tüketimin sağlanması. Atıkların kâğıt, metal ve cam olarak ayrıştırılması. Geri dönüşümü olan ürünlerin tüketilmesi. Enerji kaynaklarının boşa israf edilmemesi.
6.	Kimya sanayi ve teknolojideki gelişmelerle pek çok maddenin geri dönüşümü yapılabilmektedir. Kâğıt, cam ve metal atıkların geri dönüşümü yapılabilmektedir. Ayrıca plastik malzemelerin de birçoğunun (geri dönüşüm logosu 4 ve 7 hariç) geri dönüşümü yapılabilmektedir. Geri dönüşümü olan ürünleri kullanarak ve atıkları geri dönüşüme göndererek sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olabiliriz.
7.	Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak; güvenli, kontrollü ve sürdürülebilir bir şekilde enerji elde etmek için nükleer enerji önem taşımaktadır. Nükleer santrallerden elektrik üretimi sürekli sağlanabilir. İşletme sırasında sera gazı salınımı olmaz. Bu nedenle küresel ısınmaya katkısı yoktur. Çok düşük maliyetlerle elektrik enerjisi elde edilir. Ayrıca nükleer santrallerin kurulması istihdam sağlama açısından da önem taşımaktadır.
8.	Leke tutmayan kumaş, kendi kendini temizleyen boya, küçülen telefonlar. Daha az yer kaplayan, daha az enerji harcayan, daha hızlı çalışan daha dayanıklı, daha hafif ve doğaya zarar vermeyen aygıtların yapımında kullanılan nanoteknoloji, ekonomik açıdan kalkınma sağlayacak ve sürdürülebilir kalkınma yolunda büyük adımlar atılmasına öncü olacak bir teknolojidir.

C. DOĞRU-YANLIŞ

Soru	Cevap	Doğrusu	Soru	Cevap	Doğrusu	Soru	Cevap	Doğrusu
1.	D		**5.**	Y	Olmaz.	**9.**	Y	Değildir.
2.	Y	Kömür meydana gelmiştir.	**6.**	D		**10.**	Y	Kullanılamaz.
3.	D		**7.**	Y	Yenilenemez.			
4.	D		**8.**	D				

Ç. KAVRAM EŞLEŞTİRME

Birincil göç (8)	Petrol ( )	Biyogaz (4)	Fosil yakıt (10)	Yakıt pili (6)	Biyokütle ( )
İkincil göç ( )	Kömür (9)	Sürdürülebilir kalkınma (2)	Nanoteknoloji (1)	Hidrojen (7)	Alternatif enerji (11)
Fisyon (3)	Magma (5)	Füzyon ( )	Rüzgâr ( )		

D. ÇOKTAN SEÇMELİ

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
E	C	A	B	D	A	B	E	C	D	D	E	E	E

15.	16.
C	A

ÖĞRENDİKLERİMİZİ UYGULAYALIM

4.1. **1.** Y **2.** D **3.** D **4.** D

4.2.

Enerji Kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
Petrol	Kullanımı kolay	Çevre kirletici etkisi çok fazladır.
Hidrojen enerjisi	Yanma ürünü olarak sadece su oluşturduğu için çevreyi kirletici etkisi yoktur.	Maliyeti yüksektir.
Jeotermal enerji	İklim ve doğa koşullarından etkilenmez.	Yok
Güneş enerjisi	Tepkime sırasında açığa çıkan enerji çok fazladır.	Güneşlenme oranı az olan bölgelerde kullanılmaz.
Nükleer enerji	İklim ve doğa koşullarından etkilenmez	Minimum düzeyde radyasyon salınımı yapar.
Rüzgar enerjisi	Ham maddesi yerli olduğu için maliyeti düşüktür.	Rüzgar olmadığı zaman çalışmaz.

– A –

alternatif : Birinin yerine seçilebilecek bir başka yol, yöntem, tutum, seçenek, opsiyon.

anestezik : Eter, kloroform gibi uyuşturma özelliği olan.

antifriz : Suyun donma sıcaklığını düşürüp motorun soğuk havalarda zarar görmesini önlemek amacıyla motorun soğutma suyuna katılan etilen glikol gibi madde.

antiseptik : El, yüz veya vücuttaki hastalık yapan mikroorganizmaları etkisiz hâle getirme ya da yok etme işleminde kullanılan madde.

aroma : Hoş koku.

asimetrik : Aralarında bakışım bulunmayan (iki şey) veya iki yanı arasında bakışım olmayan (bir şey), simetrisiz, bakışımsız.

– B –

bitüm : Ham petrolün vakum altında damıtılmasıyla elde edilen, yarı katı veya çamur kıvamında bulunan, karbon disülfürde çözünen, asfaltta, madenî mumlarda ve düşük kaliteli kömürlerde bulunan bir hidrokarbon karışımı.

biyokütle : Canlılarda organizmanın suyu uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan kuru kütlesi.

– D –

dallanma : Organik bileşiklerde, düz zincirli karbon iskeletinde yan dal oluşması.

dallanmış karbon zinciri : Alifatik bileşiklerin düz karbon zincirine küçük kümelerin değişik yerlerden bağlanmasıyla oluşan yeni iskelet.

delokalize : Bir bölgeye yayılmış durumda olan elektron.

derişim : 1. Bir karışımdaki bileşenlerin bağıl miktarlarını gösteren büyüklük. 2. Bir karışımın, çözeltinin veya bir maddenin belirli bir kütle veya hacminde bulunan herhangi bir bileşenin miktarı.

destilasyon (damıtma) : Bir sıvının buharlaştırılması ve sonra, buharın soğuk bir ortamda sıvı hâlinde yoğunlaştırılmasına dayanan bir ayırma işlemi.

devre voltajı : Galvanik anotlu sistemlerde, anot ve zemin potansiyeli ile sistem potansiyeli arasındaki fark, devre potansiyeli.

dezenfektan : Mikrop kırma özelliği olan

doymamış yağ : Doymamış yağ asitlerinin gliserinle oluşturduğu yağ.

– E –

elektriksel kaplama : Elektrikle ayrışım yoluyla bir metal ya da alaşım üzerinde ince, iyi yapışan bir metal ya da alaşım katmanı oluşturma.

elektrolit : Sıvılarda (özellikle suda) iyonlarına ayrışarak iletkenlik sağlayan madde çözeltisinde elektrik ileten tür.

elyaf : Genellikle iplik durumuna getirilebilir lifli madde.

– F –

Faraday sabiti : Elektrolizde 1 eş değer gram metalin katotta açığa çıkmasını sağlayan elektrik yükü miktarı.

fosil : Jeolojik oluşumlar arasında kalmış, tarih öncesi organizmalardan kalan, kömür, petrol, iskelet izi gibi kalıntıların toplu adı.

fraksiyon : Bölüm, kısım, parça.

frekans : Bir salınımın, titreşimin veya devirli hareketin birim zamandaki tam salınım sayısı (Periyodik hareketin oluş çabukluğunu gösterir ve birimi s^{-1} dir.).

– G –

gerilim : Bir iletkenin uçları arasındaki gizil güç farkı, potansiyel farkı, voltaj.

– H –

hidrojenasyon : Doymamış yağ asitlerindeki çift karbon bağına hidrojen katılmasıyla aynı karbon atomuna sahip doymuş yağ asitlerinin elde edilmesi.

hidroliz : Bir molekülün su etkisiyle ikiye ayrılmasını sağlayan tepkime.

Hidrür : Sodyum hidrür (NaH)'de olduğu gibi, hidrojenin, elektropozitif bir metalle verdiği H– anyonu içeren bileşiği.

homolog : Yapı ve özellik bakımından birbirine benzer kimyasal madde dizisinden her biri.

hücre : Elektrokimyada bir tuz köprüsü ile elektriksel teması sağlanmış çözeltilere daldırılmış bir çift elektrottan ibaret bir sistem (Elektrotlar dış devrede metalik iletken ile bağlıdır.).

– İ –

inert : Tepkimeye girmeden kalan, tepkime sonunda da bulunan bileşen.

izolasyon : Elektrik, ses ve ısı akımını engelleme.

– K –

kaplama : Genellikle elektriksel yöntemler kullanarak metal yüzeylerini bir başka metal ya da alaşımla örtme.

kayaç : Yer kabuğunu, katmanlar ya da yığınlar durumunda oluşturan, ayrımlı bileşim ve oluşumdaki katı özdeklerin tümüne verilen genel ad.

kolloit : Çözücü sıvıda küçük tanecikler durumunda dağılmış madde.

korozyon : Metal veya alaşımların çevreleriyle tepkimeye girerek elektrokimyasal bozunmaları.

kraking : 1. Bir yağ rafinerisinde beslemenin ya ısıtma ve basınç veya katalizör ile daha düşük kaynama noktalı hidrokarbonlara parçalandığı bir işlem. 2. Karbon-karbon bağının ısı ve katalizör kullanılarak kırılması.

kriter : Bir yargıya varmak veya değer vermek için başvurulan ilke, kıstas, ölçüt.

– M –

membran : Geçirimsiz ya da yarıgeçirgen duvar, ayırma perdesi.

mikrobiyal : Mikroorganizmaların neden olduğu olay.

mineral : Belirli bir bileşimi olan, bazı kendine has kristal şekle ve fiziksel özelliklere sahip doğal inorganik veya fosil organik madde.

monomer : Kendisi ile veya farklı moleküllerle polimer oluşturma eğiliminde olan kimyasal madde.

– O –

orbital : Kuantum mekaniğinde, atomda elektronun bulunma ihtimalinin olduğu, belirli enerjisi olan hacimsel bölge.

– Ö –

özdek : Uzayda yer doldurup kimyasal bir yapısı olan varlık.

– P –

pestisit : Zararlı bitki ve böceklerin gelişimini önlemek ve onları yok etmek, geri püskürtmek veya azaltmak için tasarlanmış bir madde ya da karışım.

polimer : Yapılarında tekrarlanan monomer birimleri bulunduran makromolekül.

polimerizasyon : Küçük alt birimlerden ya da monomerlerden polimer oluşumu.

– R –

retinol : A vitamini.

rezerv : Yatağında veya havzasında bulunduğu bilinen ancak henüz çıkarılmamış ve işlenmemiş maden cevheri.

– S –

sentetik : Doğal olmayan, yapay yolla elde edilen.

sentez : Bir bileşiğin, elementlerinden veya başka bileşiklerden elde edilmesini sağlayan işlem veya tepkime.

simetrik : Belirli bir düzende dizilmiş ve uzayda belirli bir doğrultuda tekrarlanan, kristal içindeki atomlar gibi, yapı parçasına sahip olma.

solvent : Bir maddeyi çözebilme özelliğine sahip sıvı, çözücü.

– T –

termoplastik : Isıtılınca parçalanmadan yumuşayan ve kalıplanabilen, soğutulduğunda ise sertleşen doğal mumlar, reçineler, naylon, polietilen ve polistiren gibi organik çözücülerde çözünen plastik madde.

toksik : 1. Sağlığa zararlı. 2. Zehirli.

türev : Bir ana özdekten kimyasal yollarla türetilen ve onun kimi özelliklerini taşıyan özdek.

– V –

voltmetre : Bir elektrik devresindeki gizil güç farkını volt cinsinden ölçmeye yarayan alet.

– Y –

yapay : Doğadaki örneklerine benzer şekilde insan tarafından üretilen veya yapılan.

Altuğ, Tomris, Gülden Ova, Kemal Demirağ, Yeşim Elmacı, Murat Zorba, Banu Bahar, Erhan Gür ve Vicdan Uysal. *Gıda Katkı Maddeleri*. İzmir: Meta Basım, 2001.

Atkins, Peter ve Loretta Jones. *Genel Kimya İlkeler ve İçyüzünü Kavrama*. çev.: Ali Rehber Türker. Ankara: Palme Yayınları, 2012.

Atkins, Peter ve Loretta Jones. *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler*. cilt: 1. çev.: Esma Kılıç, Fitnat Köseoğlu ve Hamza Yılmaz. Ankara: Bilim Yayıncılık, 1998.

Atkins, Peter ve Loretta Jones. *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler*. cilt: 2. çev.: Esma Kılıç, Fitnat Köseoğlu ve Hamza Yılmaz. Ankara: Bilim Yayıncılık, 1998.

Chang, Raymond. *Genel Kimya Temel Kavramlar*. çev.: Tahsin Uyar, Serpil Aksoy ve Recai İnam. Ankara: Palme Yayınları, 2011.

Gündüz, Turgut. *Çevre Kimyası*. Ankara: Gazi Kitabevi, 2008.

Hadad, Christopher, David Hard, Harold Hart ve Leslie Craine. *Organik Kimya*. çev.: Tahsin Uyar ve Recai İnam. Ankara: Palme Yayınları, 2012.

Karlson, Peter. *Tıp ve Fen Bilimleri İçin Biyokimya*. çev.: Azmi Telefoncu. Kırklareli: Arkadaş Tıp Kitapları, 1992.

Kimya Dersi Öğretim Programı (Ortaöğretim 9, 10, 11 ve 12. Sınıflar). Ankara: MEB, 2018.

Mortimer, Charles E. *Modern Üniversite Kimyası*. cilt: 1. çev.: Turhan Altınata, Hüseyin Akçay, Hüseyin Anıl, Devrim Balköse, Sol Çelebi, Emür Henden, Gürel Nişli, Mustafa Toprak, Duygu Tosçalı ve Berrin Yenigül. İstanbul: Çağlayan Kitabevi, 1999.

Oxlade, Chris, Corinne Stockley ve Jane Wertheim. *Şekilli Kimya Sözlüğü*. çev.: Zeynep Gürsoy. Ankara: TÜBİTAK Yayınları Popüler Bilim Kitapları, 2011.

Petrucci, Ralph, Jeffry Madura, Geoff Herring ve Carey Bissonnette. *Genel Kimya İlkeleri ve Modern Uygulamalar*. cilt: 1. çev.: Tahsin Uyar, Serpil Aksoy ve Recai İnam. Ankara: Palme Yayınları, 2012.

Petruccı, Ralph, Jeffry Madura, Geoff Herring ve Carey Bissonnette. *Genel Kimya İlkeleri ve Modern Uygulamalar*. cilt: 2. çev.: Tahsin Uyar, Serpil Aksoy ve Recai İnam. Ankara: Palme Yayınları, 2012.

Sarıkaya, Yüksel. *Fizikokimya*. Ankara: Gazi Kitabevi, 2011.

Skoog, Douglas A., Donald M. West, F. James Holler ve Stanley R. Crouch. *Analitik Kimya Temel İlkeler*. çev: Esma Kılıç ve Hamza Yılmaz. Ankara: Bilim Yayıncılık, 2007.

Tez, Zeki. *Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2010.

Toprak, Mustafa, Serap Alp ve Selhan Karagöz. *Organik Kimya-Temel Terimler, Temel Tanımlar*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Matbaası, 2001.

Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2011.

Vollhardt, Peter ve Neil Schore. *Organik Kimya Yapı ve İşlev*. çev.: Tahsin Uyar ve Fatma Sevin Düz. Ankara: Palme Yayınları, 2012.

Yalçın, Hayri ve Metin Gürü. *Elektrokimya ve Uygulamaları*. Ankara: Palme Yayıncılık, 2010.

Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2012.

Yenson, Mutahhar. *İnsan Biokimyası*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 1988.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

http://yunus.hacettepe.edu.tr/~gurol04/METALLER.html (Erişim tarihi: 18.02.2018)

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi162/d162_4248.pdf (Erişim tarihi: 18.02.2018

http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-nanotupler (Erişim tarihi: 21.02.2018)

http://www.ukmk11.ogu.edu.tr/arsiv/ukmk7/sunular/RM38 (Erişim tarihi: 21.02.2018)

http://www.bayar.edu.tr/besergil/hampetrolun_kokeni_ve_olusumu.pdf (Erişim tarihi: 04.03.2018)

http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ham%20Petrol%C3%BCn%20Desti-lasyonu.pdf (Erişim tarihi: 04.03.2018)

http://www.bayar.edu.tr/besergil/petrol_endustrisine_bakis.pdf (Erişim tarihi: 05.03.2018)

http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/2013-YILI-HAM-PETROL-VE-DOGAL-GAZ-SEKTOR-RAPORU.pdf (Erişim tarihi: 05.03.2018)

http://www.tpao.gov.tr (Erişim tarihi 06.03.2018)

http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alkoller%20Ve%20Eterler.pdf (Erişim tari-hi: 29.04.2018)

http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/grafen-cok-saglam-bir-malzeme-olmasina-ragmen-neden-grafit-cok-kirilgandir (Erişim tarihi: 29.04.2018)

http://fenbildergi.aku.edu.tr/wp-content/uploads/2016/12/031203-544-554.pdf (Erişim tarihi: 09.04.2018)

http://www.pagcev.org/geri-donusum (Erişim tarihi: 09.04.2018)

http://http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=139&lang=tr (Erişim tarihi: 09.04.2018)

http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=141&lang=tr (Erişim tarihi: 09.04.2018)

http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/dokumine/ (Erişim tarihi: 10.05.2018)

http://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals/resources.html (Erişim tarihi: 10.05.2018)

http://dergipark.gov.tr/download/article-file/287214 (Erişim tarihi: 10.06.2018)

http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji (Erişim tarihi: 10.06.2018)

http://www.trntp.org/index.php/nukleer-enerji/46-nuekler-enerji-nedir.html (Erişim tarihi: 10.06.2018)

http://dergipark.gov.tr/download/article-file/223528 (Erişim tarihi: 11.07.2018)

http://www.khanacademy.org.tr/fen-bilimleri/kimya/redoks%C2%A0tepkimeleri%C2%A0ve%C2%A0elektrokimya/galvanik-hucreler-%28elektrokimyasal-piller%29/bakir-sulfat-%C4%B0cinde-cozunen-cinkodan-redoks-tepkimesi/5272 (Erişim tarihi: 11.07.2018)

http://ocw.metu.edu.tr/mod/eduplayer/view.php?id=8145 (Erişim tarihi: 11.08.2018)

https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_en.html (Erişim tarihi: 11.08.2018)

http://www.eba.gov.tr/video/izle/35908159057c5d307dceff75566180eca16d48b382002 (Erişim tarihi: 11.08.2018)

http://www.ohu.edu.tr/drv-team/sayfa/prof-dr-turhan-nejat-veziroglu (Erişim tarihi 12.08.2018)

GÖRSEL KAYNAKÇA

Görsel No:	Yayıncı	Shutter ID
Görsel 1.1:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.2:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.3:		192640586
Görsel 1.4:		258205364
Görsel 1.5:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.6:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.7:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.8:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.9:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.10:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.11:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.12:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.13:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.14:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 1.15:		1379433641
Görsel 2.1:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.2:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.3:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.4:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.5:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.6:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.7:		496297972
Görsel 2.8:		325456364
Görsel 2.9:		128999111
Görsel 2.10:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 2.11:		189038279
Görsel 3.1:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.2:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.3:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.4:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.5:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.6:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.7:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.8:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.9:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.10:		467971283
Görsel 3.11:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.12:		4011408042
Görsel 3.13:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.14:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.15:		87709747
Görsel 3.16:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.17:	Yayınevi Arşivi	

Görsel No:	Yayıncı	Shutter ID
Görsel 3.18:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.19:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.20:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.21:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.22:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.23:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.24:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.25:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.26:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.27:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.28:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.29:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.30:		133552073
Görsel 3.31:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.32:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.33:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 3.34:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 4.1:		126180869
Görsel 4.2:		401273950
Görsel 4.3:		517369813
Görsel 4.4:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 4.5:		568670986
Görsel 4.6:		285980522
Görsel 4.7:		1301223313
Görsel 4.8:		562262110
Görsel 4.9:		194534981
Görsel 4.10:		141507598
Görsel 4.11:		111858122
Görsel 4.12:		691743616
Görsel 4.13:		735474604
Görsel 4.14:		88868278
Görsel 4.15:		554954620
Görsel 4.16:		47160535
Görsel 4.17:	Yayınevi Arşivi	
Görsel 4.18:		166079051
Görsel 4.19:		79224796
Görsel 4.20:		152000795
Görsel 4.21:		773746966
Görsel 4.22:		702016048
www.shutterstock.com (Telif hakkı ödenerek satın alınmıştır.)		

Kitapta kullanılan diğer resimlemeler, yayınevi görsel tasarım uzmanı tarafından çizilmiştir.